

COMUNI DI BELCASTRO E CUTRO

PROVINCIA DI CATANZARO E CROTONE



PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "CANTORATO"

Elaborato: CA_R01_GEO

Scala : Documento

Data : 15.07.2023

Relazione geologica

COMMITTENTE :
ENERGIA LEVANTE S.r.l.
Società del Gruppo



Il progettista
Ferraro architetto Francesco

N° REVISIONE	Data revisione	Elaborato	Controllato	Approvato	NOTE
1			F.F.	G.M.	

E' vietata la copia anche parziale del presente elaborato

ENERGIA LEVANTE S.r.l.

Via Luca Gaurico n°9/11 - Regus Eur - 4° piano - Cap. 00143 ROMA (Italia)

P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - PEC: energialevantesrl@legalmail.it

Indirizzo email: www.sserenewables.com - Telefono: (+39) 0654832107

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

Dott. Geologo Eliseo Scerbo

Via Traversa Australia, 1 88841 Isola di Capo Rizzuto (KR)
Tel. 0962-791864 Cell. 348-7432151 email: eliseoscerbo@gmail.com

COMUNI DI BELCASTRO E CUTRO

PROVINCIA DI CATANZARO E CROTONE

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO PARCO EOLICO "CANTORATO"

Committente: *Energia Levante S.r.l.*

Il Geologo
Dott. Eliseo Scerbo



LUGLIO 2023

La presente relazione è stata redatta a norma della vigente legislazione ed in particolare ai sensi delle seguenti normative di riferimento:

- **Legge del 2.2.1974 n. 64, art. 13** – *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*
- **D.M. Min. LL.PP. n. 47 del 11.03.1988** – *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni, sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*
- **Circolare Ministero LL.PP. Prot. 30483 del 24.09.88** – L. 2.2.74 n. 64 – art. 1 – *Istruzioni per l’applicazione del D.M. 11.3.88”*
- **D.M. 16.01.1996** – *“Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica”*
- **D.M. 16 Gennaio 1996** - Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi
- **Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.** - *Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996*
- **Circolare Ministero LL.PP. n. 65 del 10.04.1997** – *Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica” di cui al D.M. 16.01.1996*
- **DPR 380/2001** – *“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A)”, Art. 89* (ex art. 13 della legge 64/1974), *Parere sugli strumenti urbanistici*
- **Legge Regionale 16 aprile 2002, n. 19** - *Norme per la tutela, governo ed uso del territorio -Legge Urbanistica della Calabria.(BUR n. 7 del 16 aprile 2002, supplemento straordinario n. 3)*
- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003** - *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.*
- **D.M. 14 Gennaio 2008 - NTC2008** *“Nuove Norme tecniche per le costruzioni”*
- **Circolare 2 febbraio 2009, n. 617** - *Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008*
- **Regolamento Regionale n. 7 del 28 giugno 2012 s.m.i.** – *“Procedure per la denuncia, il deposito e l’autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica di cui alla L.R. n. 35 del 19 ottobre 2009 s.m.i.” (testo coordinato con le modifiche ed integrazioni di cui al R.R. n. 3 del 24.02.2014 approvato con delibera G.R. n° 51 del 20.02.2014 pubblicato sul BURC parte i n. 9 del 03.03.2014 ripubblicato con avviso di errata corrige sul BURC parte i n. 10 del 5.03.2014)*
- **D.M. 17 gennaio 2018 - NTC 2018** *“Norme Tecniche per le Costruzioni”*
- Ed ai sensi del **Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico – P.A.I.** – (Art. 1 D.L. 180/98 convertito con modifiche con la L. 267/98 e ss.mm.ii.)

Sommario

1	PREMESSA	4
2	UBICAZIONE DELL’AREA	6
3	GEOMORFOLOGIA.....	8
3.1	Hillshade.....	10
3.2	Altimetria (Altimetry Isoipse).....	11
3.3	Esposizione (Aspect).....	12
3.4	Pendenze (Slope).....	13
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO.....	15
5	IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA.....	19
6	CENNI SULLA SISMICITA’ DELL’AREA.....	25
7	ANALISI DEI RISCHI	29
7.1	Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).....	29
7.2	PSC – Carta di fattibilità delle azioni di piano	33
8	MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	37
8.1	La campagna geognostica.....	37
8.2	Modello geologico.....	39
8.3	Parametrazione geotecnica.....	58
9	SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	61
	CONCLUSIONI.....	62

Allegati

- CA_T_01_GEO - Carta geologica lato Belcastro scala 1:5.000
- CA_T_02_GEO - Carta geologica lato Cutro scala 1:5.000
- CA_T_03_GEO - Carta geomorfologica lato Belcastro scala 1:5.000
- CA_T_04_GEO - Carta geomorfologica lato Cutro scala 1:5.000
- CA_T_05_GEO - Carta idrologica lato Belcastro scala varie
- CA_T_06_GEO - Carta idrologica lato Cutro scala varie
- CA_T_07_GEO - Carta del rischio frana – PAI lato Belcastro scala 1:5.000
- CA_T_08_GEO - Carta del rischio frana – PAI lato Cutro scala 1:5.000
- CA_T_09_GEO - Carta del rischio idraulico – PAI e PGRA lato Belcastro scala 1:5.000
- CA_T_10_GEO - Carta del rischio idraulico – PAI e PGRA lato Cutro scala 1:5.000

Report indagini geognostiche

1 PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Geol. Eliseo Scerbo, iscritto all’Albo Professionale dei Geologi della Calabria al numero 529, p.iva 02347130797, su incarico ricevuto dal Committente ISE S.r.l., con sede legale in Via G. Caboto, 23, 88100 Catanzaro, p.iva 02956140798, C.U. USAL8PV, in persona del suo legale rappresentante Dott. Camillo Crivaro, ha redatto la seguente relazione geologica preliminare per la richiesta di autorizzazione unica presso la Regione Calabria, necessaria al progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia da fonte eolica denominato “CANTORATO”, ricadente nei Comuni di Belcastro e Cutro, rispettivamente in Provincia di Catanzaro e Crotona.

In particolare, tale relazione si propone di:

- inquadrare la situazione morfologica e geologica generale nonché quella geolitologica e geostrutturale;*
- accertare l’idoneità geologica e morfologica nei riguardi degli interventi previsti;*
- determinare le caratteristiche geotecniche, in via preliminare, dei terreni interessati dalle fondazioni delle opere da realizzare;*
- collaborare con il progettista, nella scelta delle soluzioni tecniche da adottare per la buona riuscita delle opere in tutte le sue parti.*

Tale studio è stato condotto attraverso un dettagliato rilevamento di superficie di tutta la zona direttamente ed indirettamente interessata dal tratto di strada oggetto di progettazione, per la descrizione dello stato dei luoghi, in modo da pervenire ad una più ampia visione geologica e geostrutturale dell’area, facendo attenzione agli aspetti geomorfologici ed idrogeologici dell’area direttamente interessata alla progettazione.

Lo studio si è avvalso, oltre che da informazioni di carattere geologico presenti nella bibliografia locale anche da conoscenze e da dati ottenuti con indagini eseguite in situ dallo scrivente maturate da precedenti esperienze nei dintorni dell’area stessa in litologie tipiche della zona di interesse.

E comunque, per una prima conoscenza delle condizioni stratigrafiche litologiche è stata realizzata una campagna di indagini geognostiche con una distribuzione areale tale da avere un quadro quanto più chiaro in questa fase, da approfondire nella successiva fase esecutiva.

Le indagini eseguite sono consistite in:

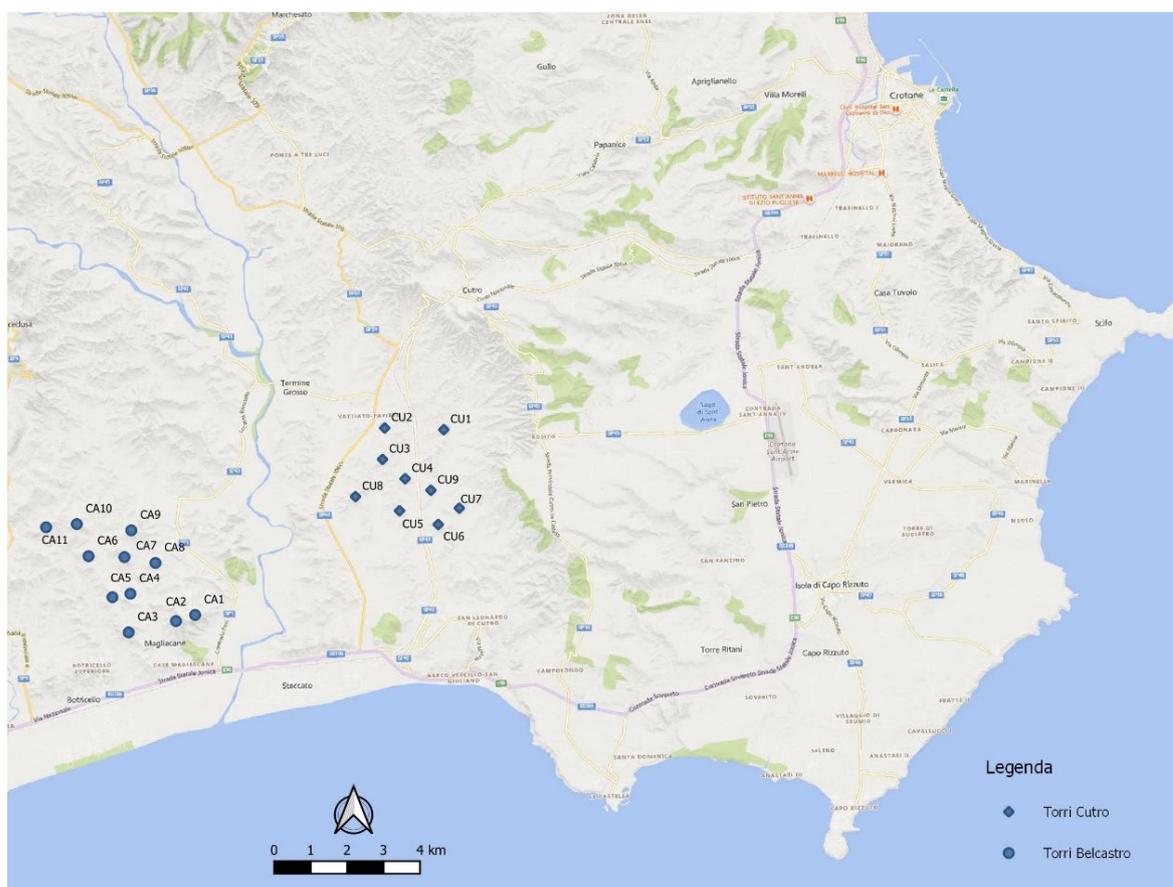
- N° 4 carotaggi a rotazione continua denominati CA2 e CA11 (ex CAR2) per il lato di Belcastro, e CU1 e CU5 per quello di Cutro;*
- N° 52 SPT (Standard Penetration Test), una SPT ogni di metri di carotaggio;*

- N° 16 misure freatiche;
- N° 8 prelievi di campioni, due per ogni carotaggio;
- N° 8 analisi di laboratorio sui campioni prelevati per la determinazione dei parametri geotecnici, in funzione della natura litologica;
- N° 4 prospezioni geosismiche tipo MASW (Multichannel Analysis Surface Waves).

Sulla scorta dei dati acquisiti è stato possibile fornire al progettista, i dati di carattere geologico - tecnico utili per un'opportuna scelta delle strutture e delle soluzioni da adottare, a garanzia di una corretta progettazione delle opere in progetto.

2 UBICAZIONE DELL'AREA

La zona geografica qui descritta, ricade nella parte Centro-Est della Regione Calabria, sul versante ionico in zona pedecollinare, in parte nel territorio amministrativo del comune di Belcastro nella provincia di Catanzaro, e in parte in quello del comune di Cutro nella provincia di Crotona. Più precisamente, le torri CU1, CU2, CU3, CU4, CU5, CU6, CU7, CU8 e CU9, sono quelli all'interno del territorio comunale di Cutro, mentre le torri CA1, CA2, CA3, CA4, CA5, CA6, CA7, CA8, CA9, CA10 e CA11, quelle ricadenti nel comune di Belcastro.



Inquadramento geografico della posizione delle torri nei comuni di Belcastro e Cutro

Nella Carta Geologica d'Italia, la zona lato Belcastro, è cartografata nel Foglio 242 - I Quadrante NE in scala 1:25.000 denominato "Botricello", mentre quella del comune di Cutro, si trova nel Foglio 243 - IV N.O. denominato "S. Leonardo di Cutro" sempre della Carta Geologica d'Italia.

Di seguito, sono riportate le tabelle con indicazione, per ogni torre, delle coordinate numeriche X e Y, della quota altimetrica ricavata mediante elaborazione cartografica col software Q-Gis, e del foglio e particella catastale in cui sono inserite le torri.

Tabella - Torri lato Cutro (KR)

Torre	Comune	Foglio Catastale	Particella Catastale	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z
CU1	Cutro	23	69	670825	4318817	83,18
CU2	Cutro	22	20	669204	4318864	55,93
CU3	Cutro	29	9	669144	4317997	66,21
CU4	Cutro	29	24	669766	4317463	76,97
CU5	Cutro	29	41	669611	4316577	50,49
CU6	Cutro	30	67	670671	4316197	75,71
CU7	Cutro	30	57	671250	4316649	57,01
CU8	Cutro	28	141-147	668403	4316968	90,18
CU9	Cutro	23	33	670472	4317143	59,07

Tabella - Torri lato Belcastro (CZ)

Torre	Comune	Foglio_Cat	P.lla_Cat	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z
CA1	Belcastro	25	53	664006	4313697	175,27
CA2	Belcastro	25	4	663481	4313528	151,65
CA3	Belcastro	23	551	662183	4313215	130,12
CA4	Belcastro	23	231	662232	4314284	101,09
CA5	Belcastro	22	112	661739	4314189	126,82
CA6	Belcastro	22	12	661083	4315322	128
CA7	Belcastro	20	28	662067	4315296	128,85
CA8	Belcastro	24	61	662918	4315134	89,55
CA9 (ex CA10)	Belcastro	20	130	662256	4316035	140,65
CA10 (ex CAR1)	Belcastro	18	32	660762	4316208	192,76
CA11 (ex CAR2)	Belcastro	18	26	659920	4316121	157,25

3 GEOMORFOLOGIA

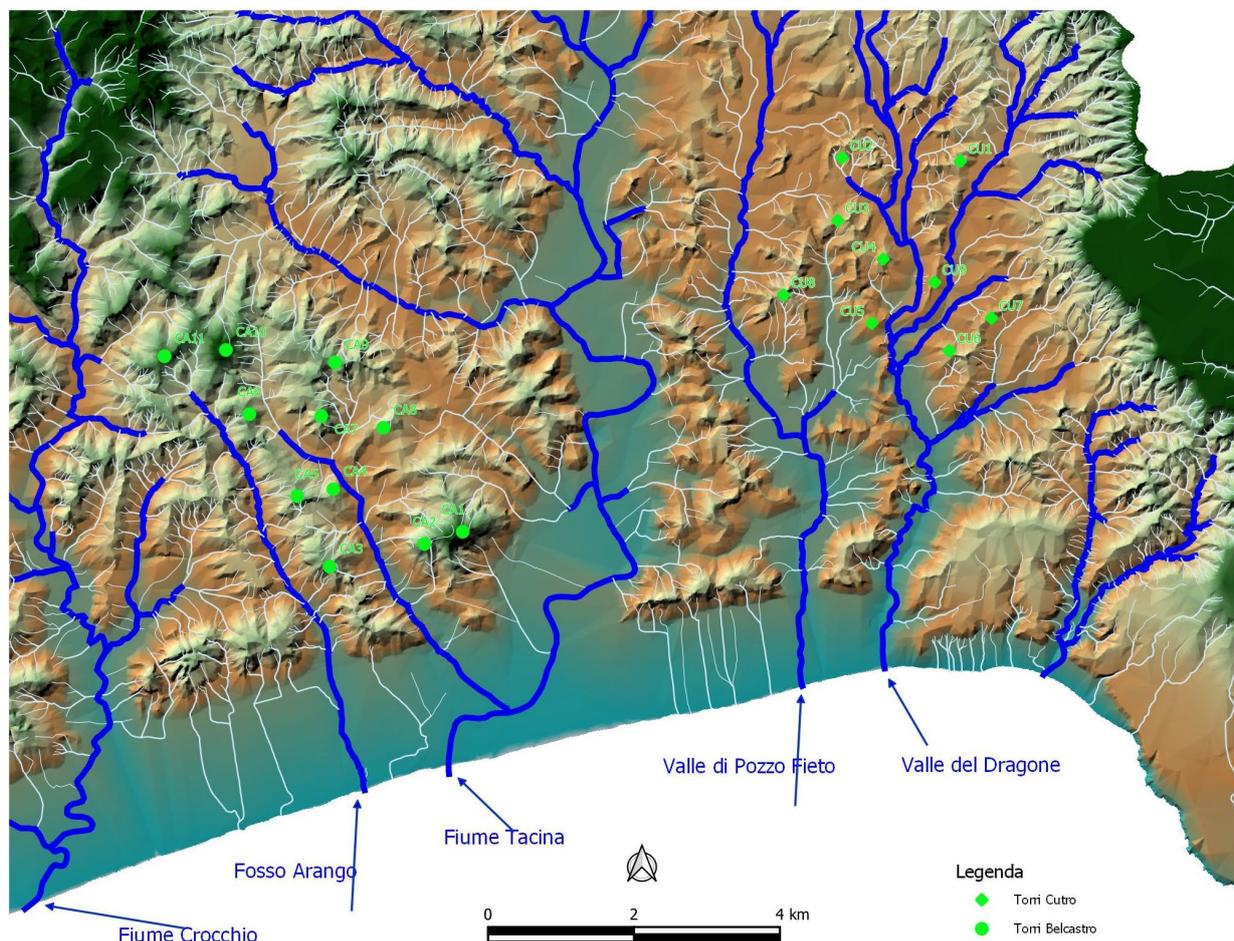
L'indagine è stata condotta attraverso numerosi sopralluoghi nelle aree di maggiore interesse, dove quindi è stato possibile rilevare lembi di affioramenti litologici e sezioni stratigrafiche. Essa è stata indirizzata al rilievo di tutte le morfologie indicative dei processi evolutivi naturali ed antropici con particolare riferimento al sito di progetto. Le aree qui descritte giacciono sul versante ionico, con quote variabili da 50 nella CU5 a 90 m s.l.m. nella CU8, per la parte di Cutro, mentre per il lato Belcastro, le quote risultano maggiori e variabili da 90 m per la CA8 a 192 in corrispondenza della CAR1. L'orografia è tipicamente pedecollinare con quote che non superano i 200 metri dal livello marino, degradante verso Sud nella fascia pianeggiante, mentre a Nord le quote aumentano fino ad arrivare alla zona montana della Presila e quindi della Sila nella zona centrale della Calabria.

I lineamenti morfologici principali sono il risultato di numerosi cicli morfogenetici succedutisi durante il Pleistocene e l'Olocene, mentre nel dettaglio la morfologia dipende da processi ancora in atto. Sotto l'aspetto geologico l'intera zona ricade all'interno di un ampio bacino pliocenico, dove i terreni che vi affiorano sono prevalentemente di natura argillosa e sabbiosa. L'assetto geolitologico è piuttosto semplice trattandosi di una successione sedimentaria che presenta alla base una potente formazione argillosa, a cui si sovrappone, con passaggio assai sfumato e graduale, un consistente deposito sabbioso che culmina, nella sua parte sommitale, in banchi più o meno spessi di conglomerati arenacei. L'assetto fisiografico dell'area è direttamente legato alla natura, alle proprietà chimico - fisiche, alla geometria e giacitura dei litotipi affioranti; sulla quale si sono sovrimposte le azioni degli agenti modellatori principali che possono assimilarsi ai processi di degradazione meteorica, fenomeni di erosione differenziale, fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato delle acque di precipitazione meteorica ed agli effetti imputabili all'incidenza antropica (disboscamento, pastorizia, lavori agricoli ecc.) praticata nei terreni.

Il paesaggio si presenta con giacitura suborizzontale, leggermente ondulato e moderatamente inciso, risultato dell'intensa azione degli agenti esogeni.

Localmente, sono visibili gli effetti dell'azione delle acque di deflusso superficiale, che agiscono differenziatamente su di esse, determinando un'azione di alterazione e degrado sulle coltri superficiali, un'azione di erosione e successivo trasporto, tanto più accentuato là dove le pendenze aumentano. Infatti, a Ovest della posizione delle torri lato Belcastro, troviamo il Fosso Arango, a Est dell'area di Cutro vi è il Fosso del Dragone, tra questi due

così d'acqua scorre il Fiume Tacina di ordine superiore e la Valle del Pozzo Fieto. Per tutti questi corsi d'acqua la direzione è da Nord verso Sud, fino a sfociare nel mare.



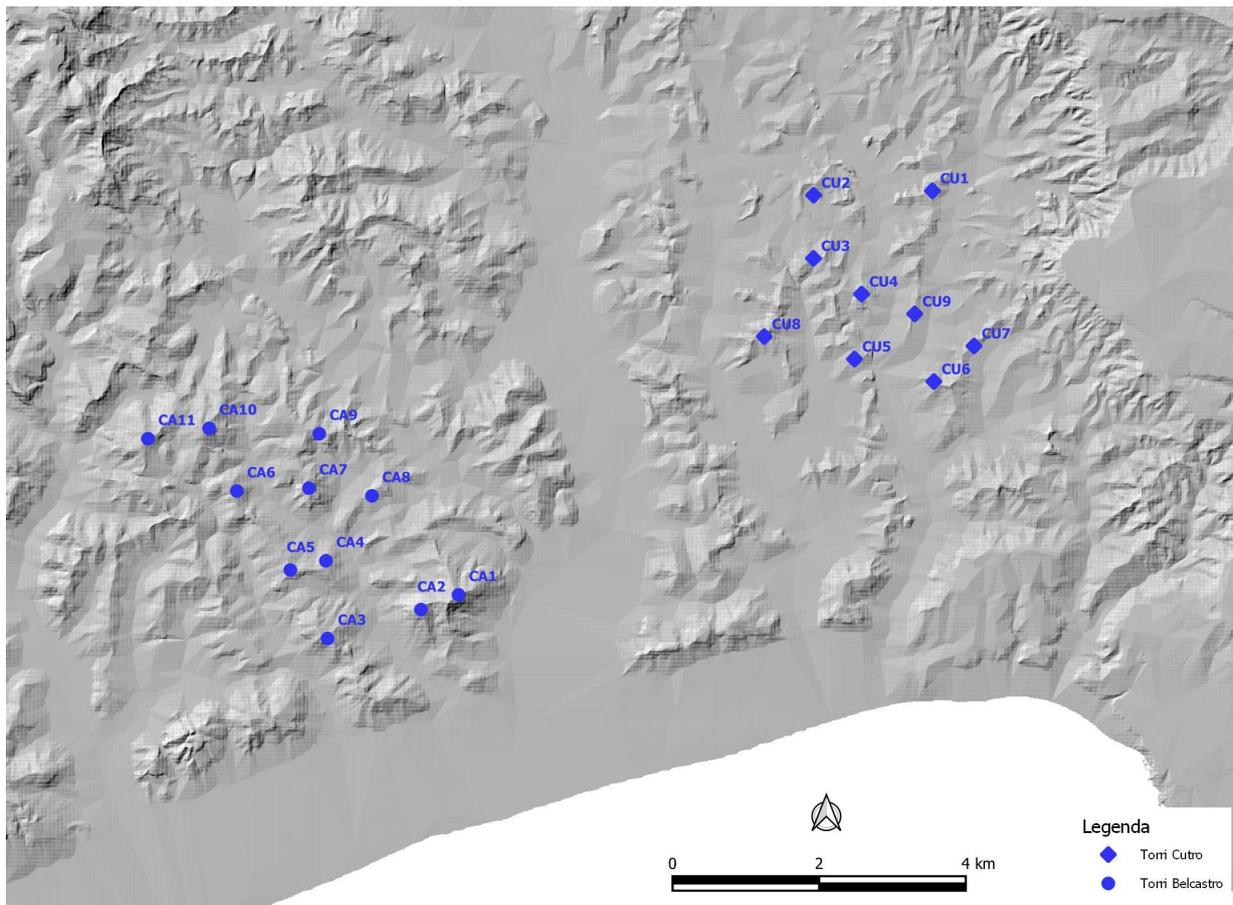
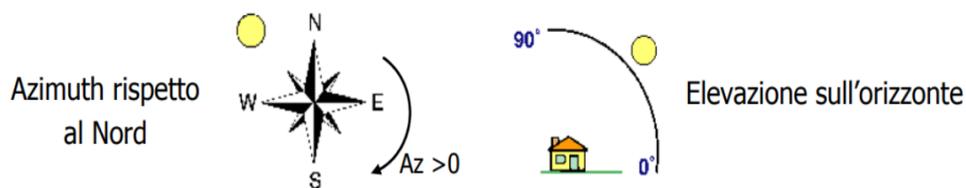
Principali corsi d'acqua che attraversano l'area di studio

L'analisi geomorfologica del territorio di interesse per il presente studio, è stata effettuata attraverso l'uso del software open source QGIS 3.22.3-Białowieża che utilizzando prodotti raster quali DEM (*Digital Elevation Model*), DSM (*Digital Surface Model*) e DTM (*Digital Terrain Model*), è in grado di eseguire elaborazioni che risultano di grande importanza nella definizione dell'area investigata.

Il DEM rappresenta un modello continuo della superficie terrestre, facendo riferimento a una matrice di punti definiti dalle coordinate x, y e z. Grazie all'informazione delle altezze dei singoli punti che compongono la matrice, è possibile ricavare analisi di tipo tridimensionale, quali curve di livello (Contour), altimetria (Altimetry Isoipse), esposizioni (Aspect), pendenze (Slope) e illuminazione solare relativa (Hillshade).

3.1 Hillshade

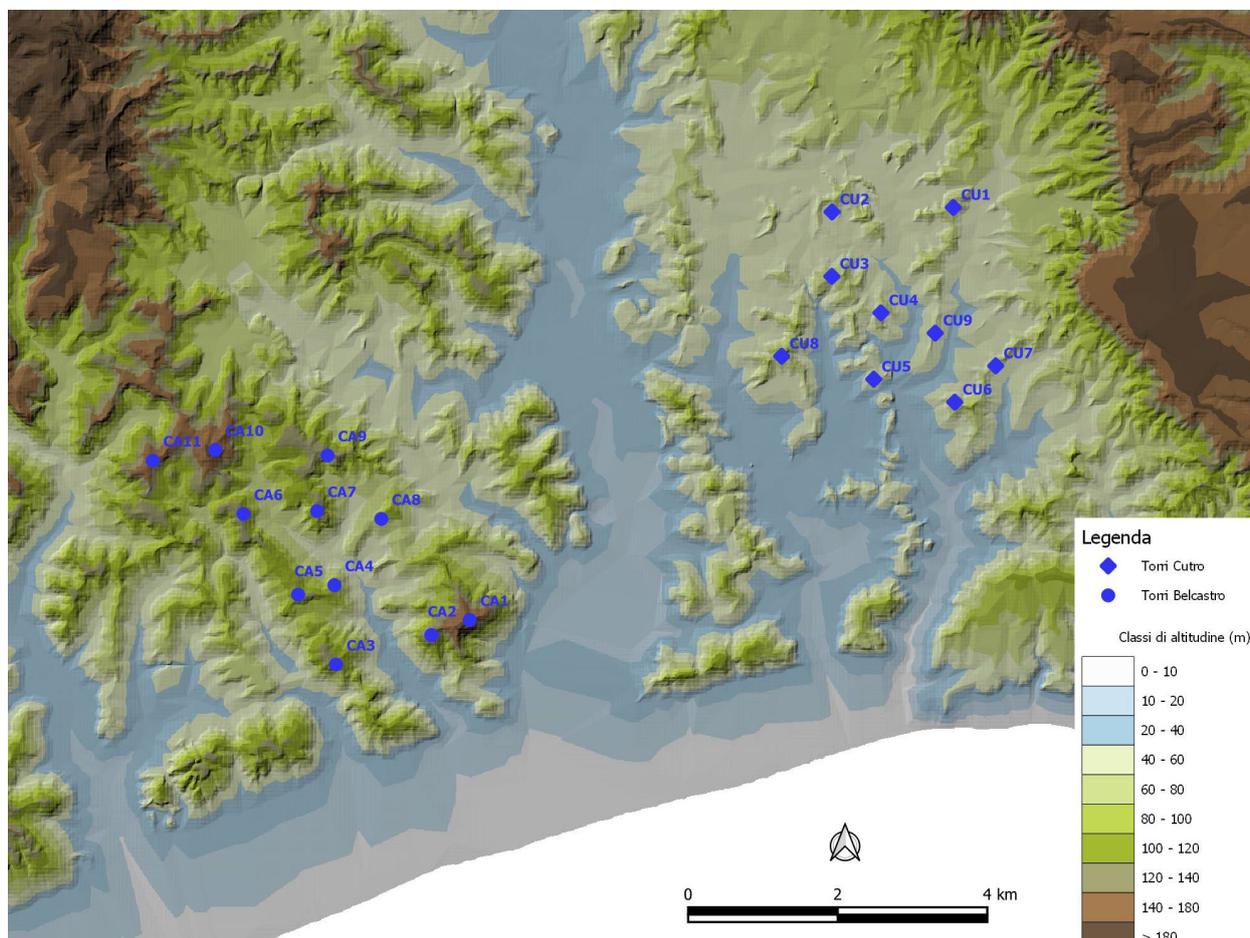
L'Hillshade, è utilizzato per produrre nell'osservatore l'impressione del rilievo del terreno donando una ombreggiatura al raster sorgente. L'idea della tridimensionalità del DEM è percepita grazie all'uso di una scala di grigi che va da 0 (nero o ombra completa) a 255 (bianco o sole completo), tutti valori interi applicati alle singole celle del raster DEM. Il software assegna ad ogni cella una colorazione in funzione della direzione di illuminazione del sole, combinazione di Azimuth (angolo rispetto al Nord, misurato positivamente in senso orario) e angolo di elevazione sull'orizzonte.



Hillshade della zona di studio con azimuth 315° e angolo verticale 45°

3.2 Altimetria (Altimetry Isoipse)

Dal modello Hillshade (ombreggiatura) sovrapposto al raster di elevazione, assegnando opportuni valori di trasparenza, si ottiene la carta dell'altimetria della figura seguente.

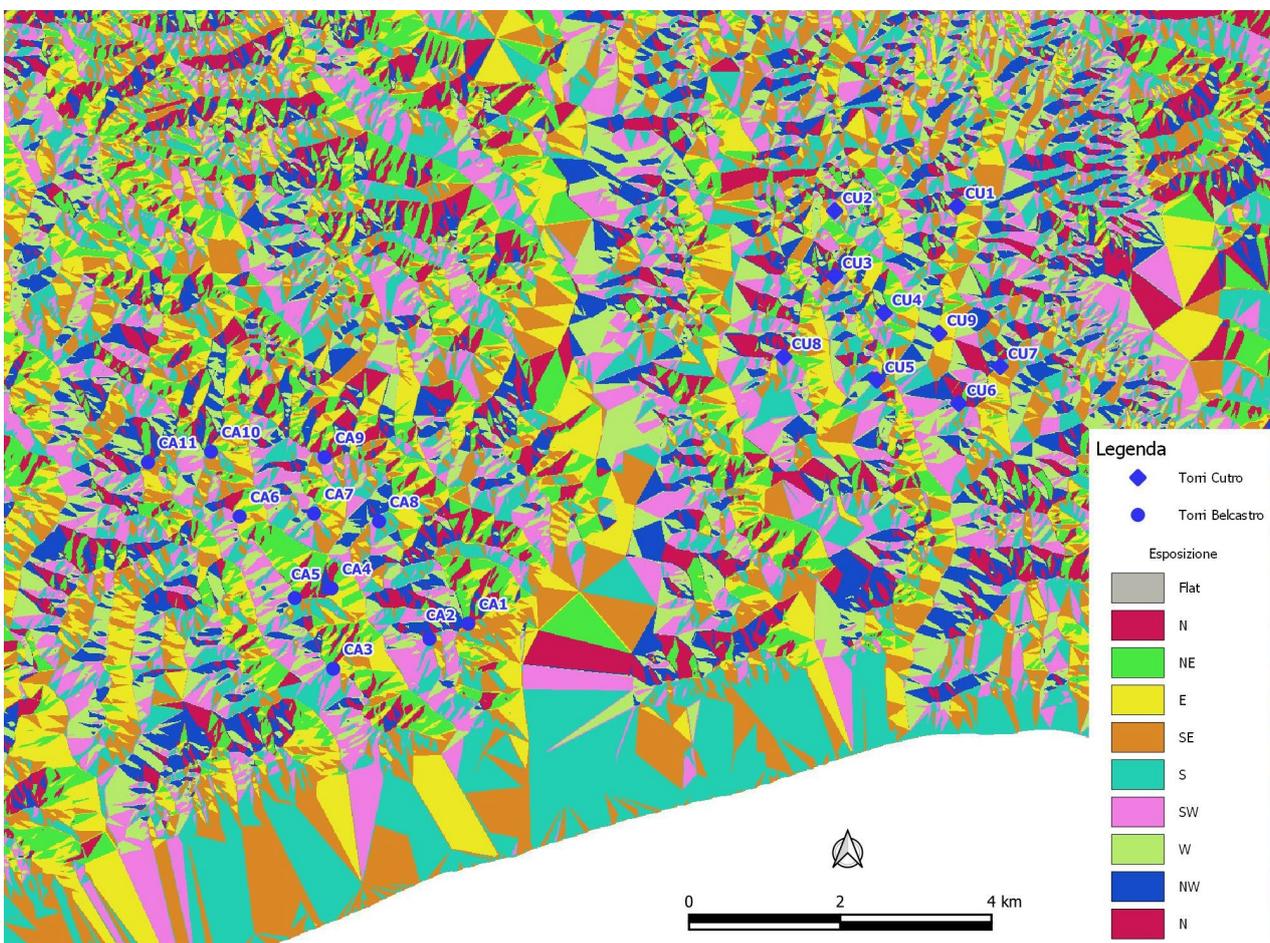


Classi di altitudine della zona di studio

L'analisi morfologica e topografica si completa mediante la generazione di due modelli, pendenze ed esposizione, derivate partendo dall'Hillshade e dalla carta delle elevazioni, riportante le classi di altitudine, operando una opportuna fusione dei due modelli. Questi tematismi, risultano di una notevole importanza per la descrizione dei processi erosivi, responsabili, quest'ultimi, della topografia del rilievo presente. L'assetto geomorfologico e morfologico pertanto, è condizionato dalle pendenze e dalla esposizione dei versanti. Infatti, dalle pendenze è influenzato il potenziale erosivo, di trasporto e sedimentazione dell'acqua così come anche l'esposizione del versante, seppure in misura minore, svolge un ruolo importante condizionando il fenomeno dell'evapotraspirazione.

3.3 Esposizione (Aspect)

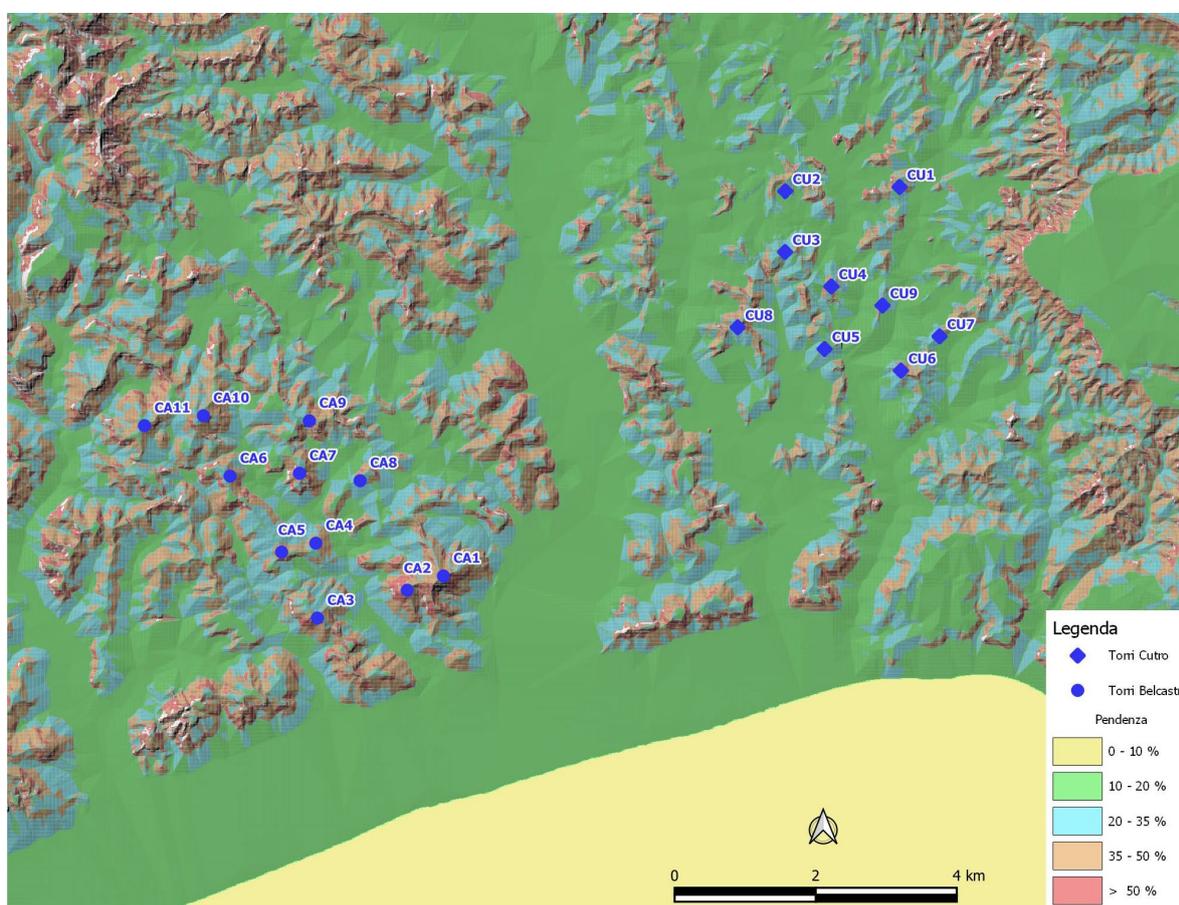
L'esposizione riguarda l'orientamento dei versanti rispetto ai punti cardinali. Calcola sulla base del modello digitale del terreno (DEM) in ingresso l'esposizione ai raggi solari con valori che vanno da 0° a 360° ed esprimono la direzione dell'inclinazione a partire dal Nord, con valore di 0° e proseguendo in senso orario. Quindi valori di 90° corrispondono a una esposizione a Est, valori di 180° a Sud e di 270° a Ovest, e così via per tutti i valori intermedi.



Modello dell'esposizione all'illuminazione solare

3.4 Pendenze (Slope)

La pendenza è l'angolo di inclinazione del terreno ed è espressa in gradi o in percentuale. La quota altimetrica o elevazione, varia al variare delle coordinate x e y tramite la funzione $z=f(x,y)$. L'analisi della variazione dell'elevazione del terreno si basa sul calcolo della derivata prima e seconda della funzione $z=f(x,y)$. E' chiaro che il calcolo della pendenza o acclività risulta di fondamentale importanza, proprio perché da essa dipendono, direttamente, le condizioni di stabilità dei versanti. Risulta facile intuire che ha una maggiore pendenza è associata una maggiore instabilità dei terreni, sia in termini di erosività per lo scorrimento delle acque superficiali, ma anche per il clima di una zona dal momento che l'energia solare che incide, dipende dall'inclinazione del versante.

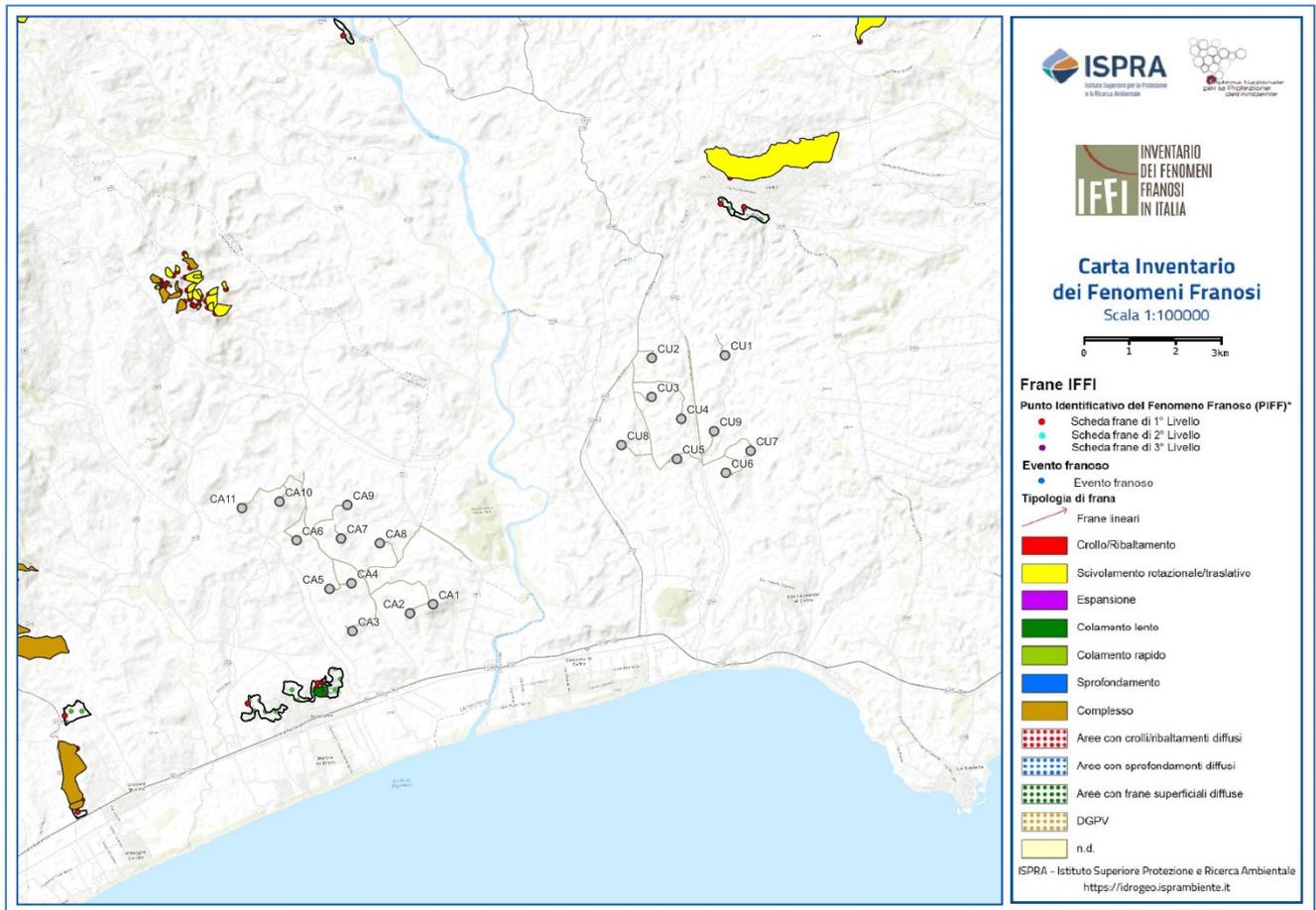


Carta delle pendenze o acclività (slope)

La conoscenza del grado di inclinazione della superficie rispetto al piano orizzontale, ovvero delle pendenze di un terreno, nonché l'esposizione al Sole, cioè il punto cardinale

verso cui è rivolto, rappresenta il punto di inizio, fondamentale per una analisi geomorfologica di dettaglio.

L’analisi dei dati elaborati in ambiente GIS e della cartografia del progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), ha permesso una prima definizione dell’area in studio che chiaramente dovrà necessariamente, essere approfondita per ogni punto di installazione delle torri con uno studio dettagliato e approfondito.



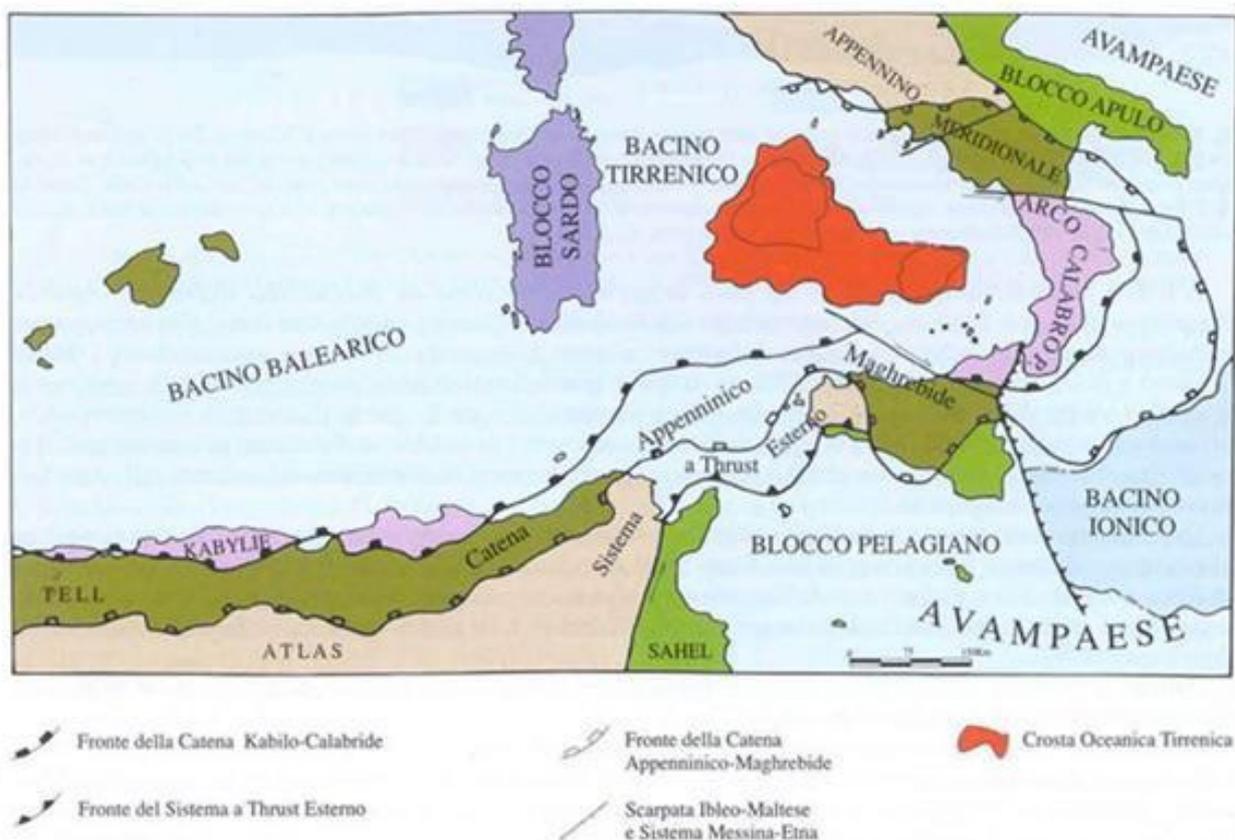
Carta della franosità (Progetto IFFI - <https://idrogeo.isprambiente.it/>)

In conclusione, per lo scopo specifico del presente lavoro, si può affermare che le condizioni di stabilità complessive locali appaiono generalmente soddisfacenti infatti, non si riscontrano nell’area strettamente interessata alla progettazione di che trattasi, zone con particolari dissesti morfologici, pertanto, dal punto di vista geomorfologico sono stati ravvisati elementi di generale stabilità che non lasciano prevedere evoluzioni negative degli equilibri esistenti e permettono di definire morfologicamente idonea l’area di progetto.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

L'area oggetto di studio ricade sul margine Sud-Occidentale del Bacino Crotonese. Il bacino rappresenta un ben definito dominio geologico che comprende quella porzione di territorio della Calabria settentrionale che si estende dal margine orientale del massiccio della Sila fino al Mar Jonio, limitata verso S dal Golfo di Squillace e verso N dalle colline di S. Nicola dell'alto.

L'area qui descritta, si colloca da un punto di vista geologico-regionale all'interno dell'unità definita con il nome di Arco Calabro-Peloritano, il quale rappresenta l'elemento di congiunzione tra il sistema orogenetico alpino-appenninico a Nord e la catena siciliano-maghebbide a Sud. Abitualmente viene incluso tra due allineamenti: la linea di Sangineto a Nord e la linea di Taormina a Sud. Questi due lineamenti trascorrenti sinistro e destro rispettivamente, hanno svolto la loro attività fino al Tortoniano superiore (Amodio-Morelli et al., 1976).



L'Arco Calabro Peloritano nell'evoluzione tettonica del Mediterraneo centrale (da Lentini et al., 2005, mod.).

L'area riveste un estremo interesse sia per la comprensione della dinamica delle ultime fasi tettoniche dell'orogenesi calabro-peloritano sia per la definizione dei caratteri geometrici di raccordo tra le strutture del Mar Tirreno e del bacino ionico. Il substrato su cui poggiano i depositi sedimentari neogenici è formato da rocce cristalline e metamorfiche, in parte derivanti da magmatiti e granitoidi tardo-ercinici ed in parte da metasedimenti paleozoici. Le unità del substrato, già organizzate in un complesso edificio a falde di ricoprimento alle fine del paleozoico a seguito dell'Orogenesi Ercinica, sono state nuovamente laminate nel corso della fase principale di raccorciamento dell'Orogenesi Alpidica con vergenze sud-occidentali ed infine ripiegate dalle fasi di riesumazione della catena in ampie pieghe in cascata. Il bacino sedimentario, qui rappresentato, è costituito da depositi neogenici, poggianti sul substrato cristallino. La successione neogenica si articola in sei sequenze deposizionali separate da altrettante fasi tettoniche databili rispettivamente al Serravalliano-Tortoniano, Tortoniano Sup.-Messiniano Inf., Messiniano Sup., Pliocene Inf., Pliocene Medio e Pleistocene Inf.-Medio. I depositi della successione pre-messiniana e messiniana affiorano nella porzione nord-occidentale del bacino, i depositi infra e medio-pliocenici affiorano nella parte centrale del bacino come strutture a horst asimmetrico con direzione assiale SO-NE. La sequenza è definitivamente chiusa dall'inizio del pleistocene medio dalla deposizione delle arenarie di S. Mauro che segnano l'inizio dell'uplift regionale che ha portato all'emersione dell'intera successione sedimentaria. Nei sedimenti del Ciclo mediopliocenico-pleistocenico si riconosce un sistema di faglie di distensione post-calabro con andamento ENE-OSO, nella parte settentrionale del bacino e NNE-SSO nella parte sud-occidentale, cioè sono parallele nel complesso al bordo del Bacino Crotonese. Sono numerose anche le faglie con direzione normale a questo sistema principale, con rigetto comunque sempre minore. Dopo il pleistocene inferiore la maggior parte dei grandi elementi strutturali si dispone N-S, fatta eccezione per le strutture E-W che limitano il bacino a N e che tuttavia rilevano carattere trascorrente.

Il rilevamento geologico di superficie effettuato nella zona, il riconoscimento litologico degli affioramenti presenti e l'esame dei fronti di scavo, delle pareti naturali e delle incisioni visibili nelle vicinanze hanno permesso l'acquisizione ed il relativo inquadramento dei litotipi identificati, così riassunta, a partire dal basso verso l'alto in senso cronologico:

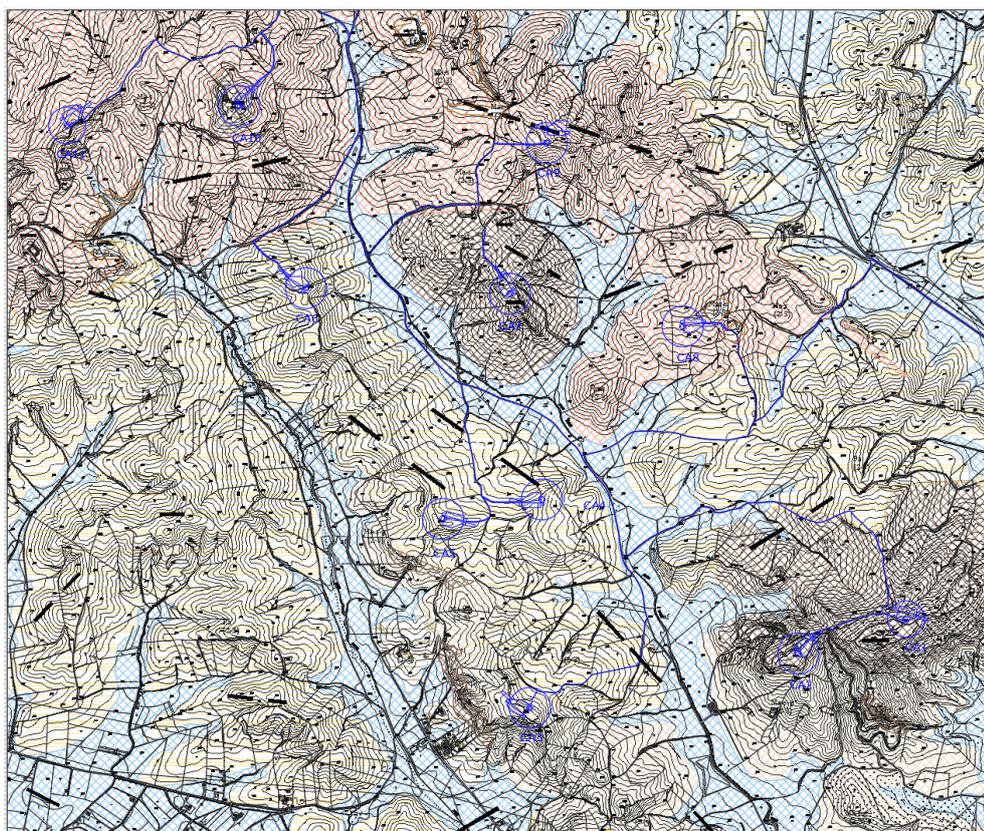
- argille marnose di Cutro (Pliocene - Pleistocene Inferiore);
- terrazzo di Cutro (Crotoniano);
- terrazzo di San Leonardo-Campolongo-Isola di Capo Rizzuto (Eutirreniano);
- terrazzo di Le Castella (Neotirreniano);
- terrazzo di Capo Colonne (Neotirreniano);
- depositi dunari e spiagge (Pleistocene Sup. - Recente).

Il primo termine della serie rappresenta il deposito inferiore di un ampio bacino di sedimentazione marina, formatosi alla fine del Miocene sulle formazioni evaporitiche precedenti. Si tratta di limi argillosi, con piccole percentuali di sabbia e con microfauna a foraminiferi. La serie continua, con i materiali a granulometria grossolana (conglomerato di base seguito da biocalcareniti cementate in eteropia di facies con sabbie sciolte), dei terrazzi marini, in discordanza stratigrafica con le argille sottostanti (Fase Trasgressiva).

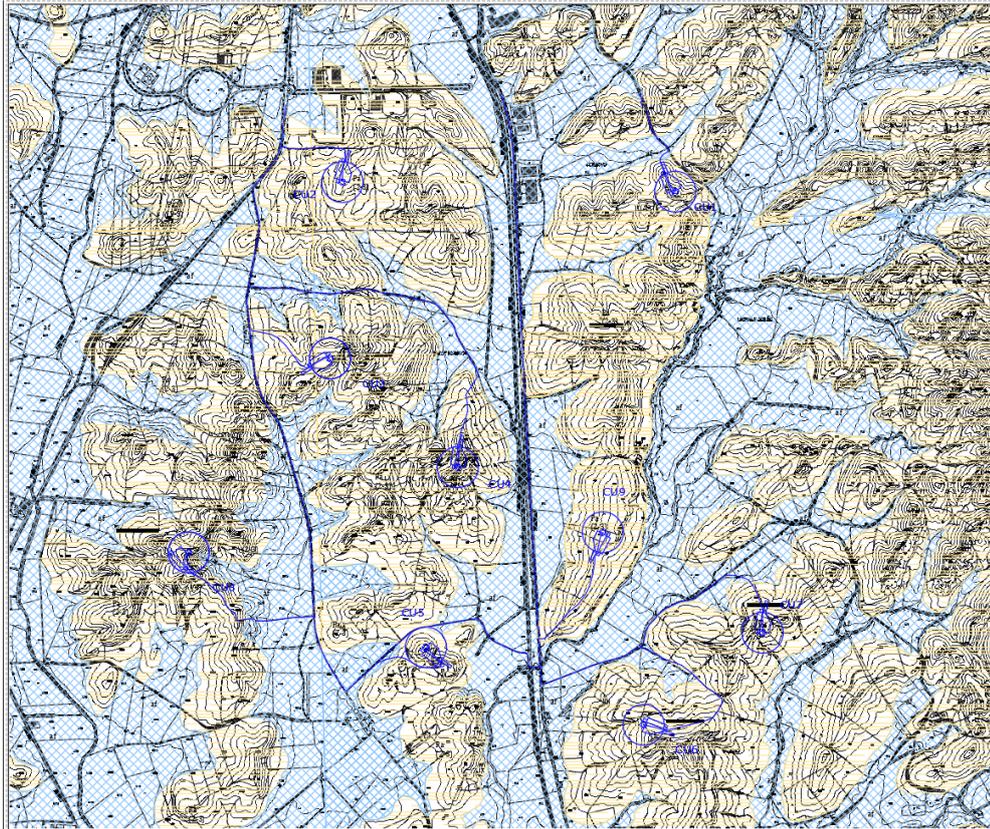
L'analisi faunistica indica per questi materiali un ambiente di deposizione infralitorale con tipiche facies sedimentologiche di spiaggia sommersa. Lo spessore di tale materiale, nelle aree circostanti, oscilla tra 4 e 10 metri.

Ultimi nella serie sono i depositi sedimentari recenti, prodotti dall'azione erosiva degli agenti esogeni, dei corsi d'acqua e delle acque di dilavamento e incanalate sulle pendici collinari argillose e sui terrazzi arenaceo conglomeratici, e dall'azione morfogenetica del mare. Sono terreni sciolti a componente limo argillosa, misti a limi argillosi e molto subordinatamente a ghiaie e ciottoli.

La giacitura di tutto il complesso sedimentario è suborizzontale.



Stralcio carta geologica lato Belcastro (CZ)



Stralcio carta geologica lato Cutro (KR)

LEGENDA CARTA GEOLOGICA

DEPOSITI QUATERNARI E RECENTI
(Pleistocene–Olocene)

 af Alluvioni ciottolose e sabbiose fluviali fissate dalla vegetazione o artificialmente.

SEDIMENTI CENOZOICI INDIFFERENZIATI
(Miocene medio–Pliocene medio)

 Pa (2-3) Argille siltose di colore grigio-chiaro, talora molto fossilifere con una ricca e variata microfauna, con intercalazioni di sabbie e silts. La resistenza all'erosione è scarsa e la permeabilità è bassa.

 Pa (1-2) Argille e marne siltose, grigio-chiare con ricca microfauna. Resistenza all'erosione scarsa e permeabilità scarsa.

 Mcl-s (3) Conglomerati poligenici, con matrice ed orizzonti sabbiosi, composti da ciottoli ben arrotondati di rocce cristalline, e, in buona percentuale, di calcari.

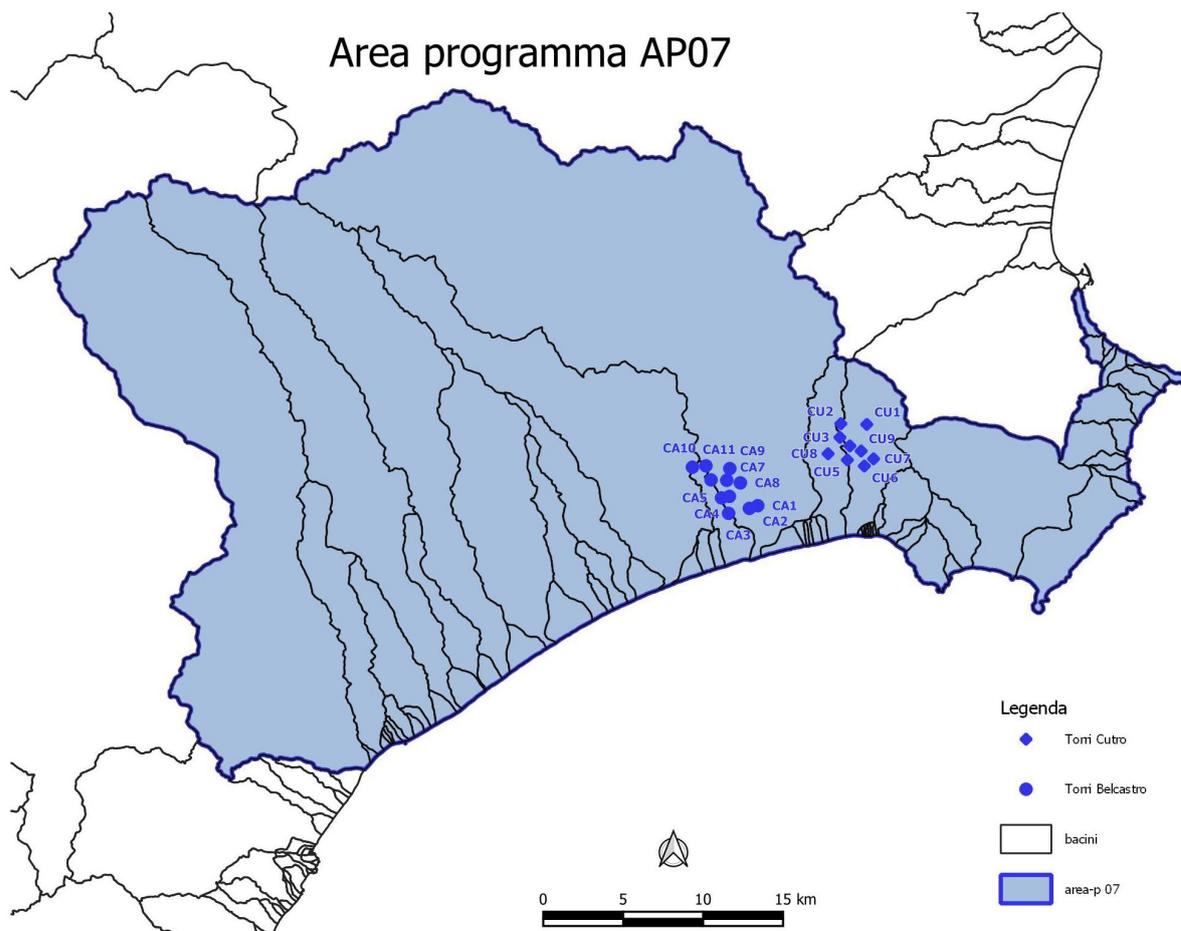
 Mar-s (2-3) Arenarie tenere e sabbie bruno-chiare, generalmente grossolane. Resistenza all'erosione discreta con permeabilità da media elevata.

 Mar-s (2-3) Argille, argille marnose ed argille siltose grigio-azzurre, localmente con intercalazioni sabbiose.

 Mar-s-g (2-3) Argille e silts grigi, con intercalazioni di sabbie ed arenarie tenere, localmente, al tetto con intercalazioni e lenti di gesso.

5 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

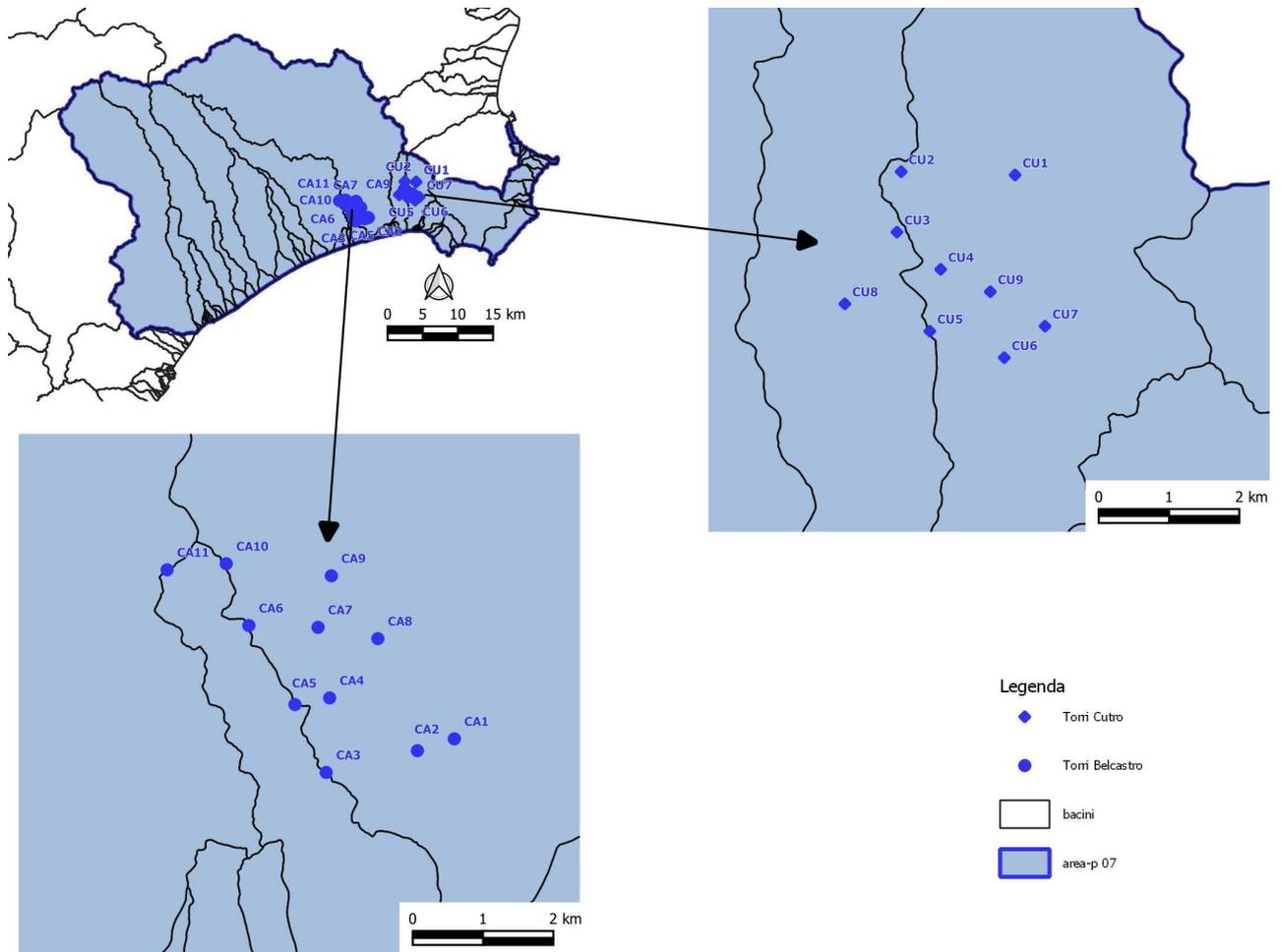
Per quanto concerne l'idrografia di superficie, l'area indagata ricade nell'area programma AP-07, che comprende parte della Provincia di Crotone a Est, e parte della Provincia di Catanzaro a Ovest, interessando tutto il territorio comunale di Belcastro e la maggior parte di quello di Cutro.



Area programma di interesse AP-07

Più precisamente, le torri del lato Belcastro quasi tutte rientrano nel bacino del Fiume Tacina, attraversato appunto dal Fiume Tacina e da una serie di fossi che variamente solcano questa zona, ad eccezione delle torri CAR2 che rientra nel bacino del Fiume Crocchio e la CA5 nel bacino del Fosso Arango.

Le torri del settore di Cutro invece, per la maggior parte ricadono nel bacino del Vallone del Dragone, solo le torri CU3 e CU8 nel bacino del Vallone Pozzo Fieto.



Bacini dell'area programma di interesse AP-07 in cui ricadono le torri

L'idrologia superficiale in generale, è caratterizzata da corsi d'acqua che scorrono con andamento che va da NO a SE, dalle pendici silane fino a sfociare nel Mare Ionio.

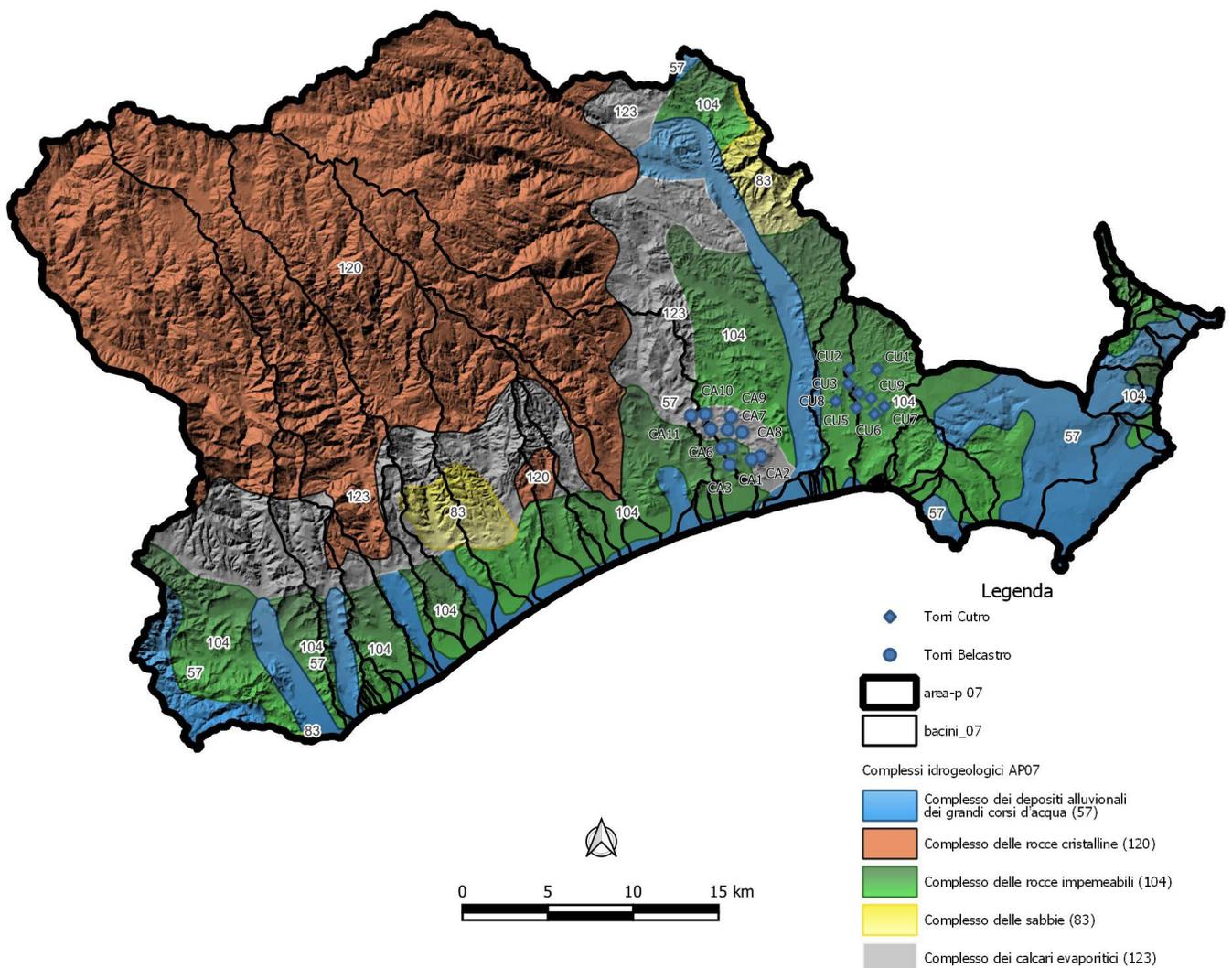
Deo corsi d'acqua prima citati, i più importanti per estensione e portata, sono sicuramente quello del Fiume Tacina e del Fiume Crocchio. Il resto del reticolo idrografico è composto da corsi d'acqua brevi con modeste portate, il cui regime torrentizio li mantiene in secca o li riduce ad un rivolo d'estate per poi gonfiarle nelle stagioni piovose.

Le acque di precipitazione, seguendo dei percorsi più o meno articolati secondo le attuali linee di massima pendenza, vanno a confluire in alcune linee di impluvio, che poi alimentano

le aste principali dei vari bacini, i quali, nel loro decorso ospitano vaste distese di alluvioni ciottolose.

L'idrostruttura, però, è stata condizionata dagli effetti della neotettonica quaternaria, che ne caratterizza i vari travasi, le vie di infiltrazione e di flusso preferenziale delle acque meteoriche.

La formazione delle argille, che appare in affioramento come elemento di congiunzione della piana litoranea con le zone collinari a Nord-Ovest, rispettivamente tra le alluvioni e le sabbie conglomeratiche, sono da considerarsi praticamente impermeabili ad eccezione della limitata proprietà di imbibizione, che hanno le argille, interessate peraltro solo a breve profondità (massimo un metro) rispetto alla superficie di affioramento.



Schema dei complessi idrogeologici presenti nell'area programma di interesse AP-07

Nella tabella che segue vengono riportati i dati più importanti dei bacini di interesse suddivisi nei settori di Belcastro e Cutro.

Settore Belcastro						
Torri	Bacino	Codice bacino	Perimetro (m)	Area (mq)	Pendenza media (%)	Portata media (mc)
CA1, CA2, CA3, CA4, CA5, CA7, CA8, CA9, CA10	Fiume Tacina	16	129.500	426.953.466	23	615
CA6	Fosso Arango	325	18.898	8.763.288	10	52
CA11	Fiume Crocchio	17	83.399	129.692.850	23	577

Settore Cutro						
Torri	Bacino	Codice bacino	Perimetro (m)	Area (mq)	Pendenza media (%)	Portata media (mc)
CU1, CU2, CU4, CU5, CU6, CU7, CU9	Vallone del Dragone	322	31.222	31.765.269	11	75
CU3, CU8	Vallone Pozzo Fieto	323	30.129	21.631.151	7	49

Il sistema di drenaggio esplica la sua totale attività, come già accennato prima, solamente durante i periodi piovosi, con precipitazioni che possono essere molto forti e di breve durata, mentre durante il resto dell'anno si presenta nel complesso asciutto.

Le acque di precipitazione assumono in superficie una direzione secondo le linee di scorrimento idrico e, successivamente, dopo aver intercettato i terreni permeabili, si infiltrano nel sottosuolo, alimentando il sistema acquifero sotterraneo e mobilitandosi verso est e verso mare.

La falda idrica si presenta abbastanza poco estesa con lo spessore dell'acquifero che aumenta verso il mare, in relazione allo spessore dei sedimenti ghiaiosi sabbiosi di colmata alluvionale.

Dal punto di vista idrogeologico, tenuto conto che la permeabilità dei terreni dipende principalmente dalla natura del litotipo interessato ed eventualmente dal suo stato di degrado, fratturazione, e/o fessurazione.

Le principali unità idrogeologiche presenti nell'area in questione sono:

- terreni a media permeabilità
- terreni a molto bassa o nulla permeabilità

Terreni a media permeabilità (depositi sabbiosi-arenacei)

A questa categoria appartengono i depositi sabbiosi, arenacei e calcarenitici del Pleistocene affioranti in superficie, che dal punto di vista idrogeologico sono caratterizzati da una buona permeabilità, sia per porosità primaria, che secondaria per fratturazione, o per canali preferenziali di dissoluzione.

In linea generica e teorica, tali depositi presentano un coefficiente di permeabilità (K) pressappoco pari a 10^{-2} e 10^{-4} cm/sec.

Terreni a molto bassa o nulla permeabilità (argille grigio-azzurre)

Presentano generalmente una scarsa permeabilità (coefficiente di permeabilità “K” variabile da 10^{-7} a 10^{-9} cm/sec) e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee, tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale. In questa formazione il flusso idrico si stabilisce solamente lungo la superficie di separazione con i depositi sabbiosi-arenacei sovrastanti.

A questa categoria appartengono i depositi argilloso-siltose del Pliocene medio, praticamente caratterizzati da una porosità primaria alta, e da una permeabilità per porosità praticamente nulla (stratificazione impermeabile) laddove sono assenti eventuali inclusi granulari.

Ciò equivale a dire che conseguenzialmente, più in profondità, laddove il basamento argilloso - siltoso funge in pratica da substrato impermeabile, quindi in prossimità del

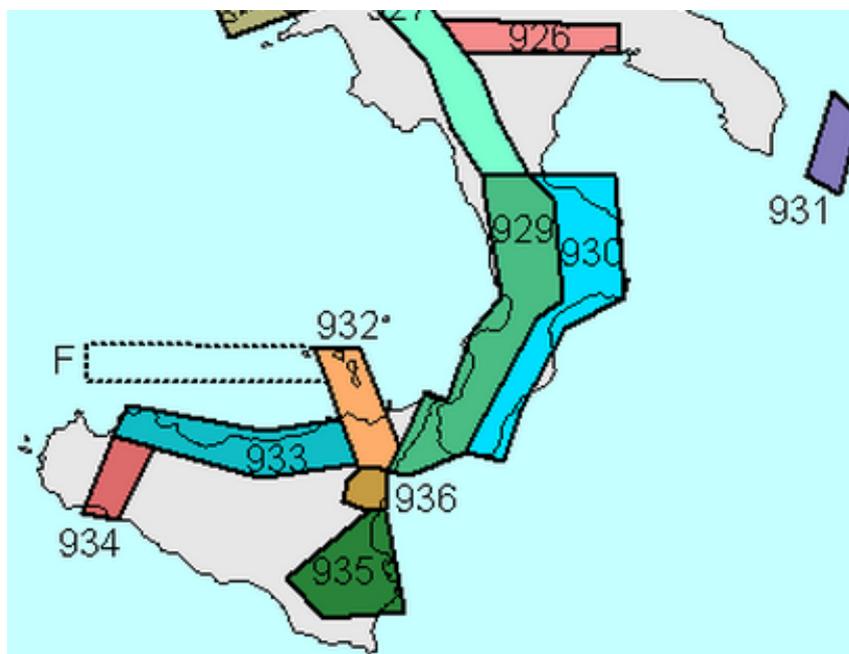
contatto tra le due differenti litologie, il sottosuolo potrebbe essere sede di un acquifero di scarso spessore. In virtù delle caratteristiche summenzionate e della successione litostratigrafica riscontrata localmente, appare chiaro che l'acqua trova riscontro nel litotipo arenaceo più in superficie, penetrando inizialmente nel sottosuolo attraverso i meati ed andando ad alimentare la eventuale falda idrica, in pratica, il flusso idrico si stabilisce solamente lungo la superficie di separazione con i depositi sabbiosi sovrastanti e solo in occasioni di eventi piovosi più o meno significativi.

6 CENNI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

A scala nazionale la sismicità del territorio italiano è descritta dalla "Carta della Pericolosità Sismica in Italia" relativa al periodo 1981-2002 (range di 20 anni in cui si sono verificati circa 45.000 terremoti di cui 33 con magnitudo $m > 5$). Tenendo conto di ciò è stata definita la "pericolosità sismica" dell'intero territorio Italiano. Tale classificazione ha come obiettivo finale la redazione della "zonazione sismogenetica ZS9" che divide l'Italia in 36 diverse "Zone Sismogenetiche", numerate da 901 a 936. Queste zone si intendono quelle aree definibili "omogenee" in termini geologico, strutturali e cinematici. Ciascuna di esse è identificata da una propria sismicità sulla base dell'attività storica e dell'intensità, nonché dalla gravità dei medesimi eventi.

Nell'ambito della suddetta zonazione la Calabria risulta suddivisa in due zone sismogenetiche (ZS): la 929 (settore tirrenico) e la 930 (settore ionico).

Il territorio in esame rientra quindi nella ZS 930, alla quale corrisponde una magnitudo $m > 6$. Nella figura seguente si riporta uno stralcio di tale carta.



Zonazione sismogenetica ZS9

In seguito all'Ordinanza OPCM N. 3274 del 20.03.2003 "Primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in

zone sismiche", successivamente modificata dall'OPCM N. 3431 del 03.05.2005, contenenti nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normative tecniche, il numero delle zone sismiche è stato fissato a quattro.

I comuni di Belcastro e Cutro ricadono nella Zona Sismica 2 a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità del superamento del 10% in 50 anni maggiore compresa tra 0.150 e 0.250, che si traduce in una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0.25 ag/g.

Stima della categoria di sottosuolo secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica determinando la categoria di sottosuolo specifica del sito con riferimento alla Tab. 3.2.II riportata alla fine del paragrafo.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

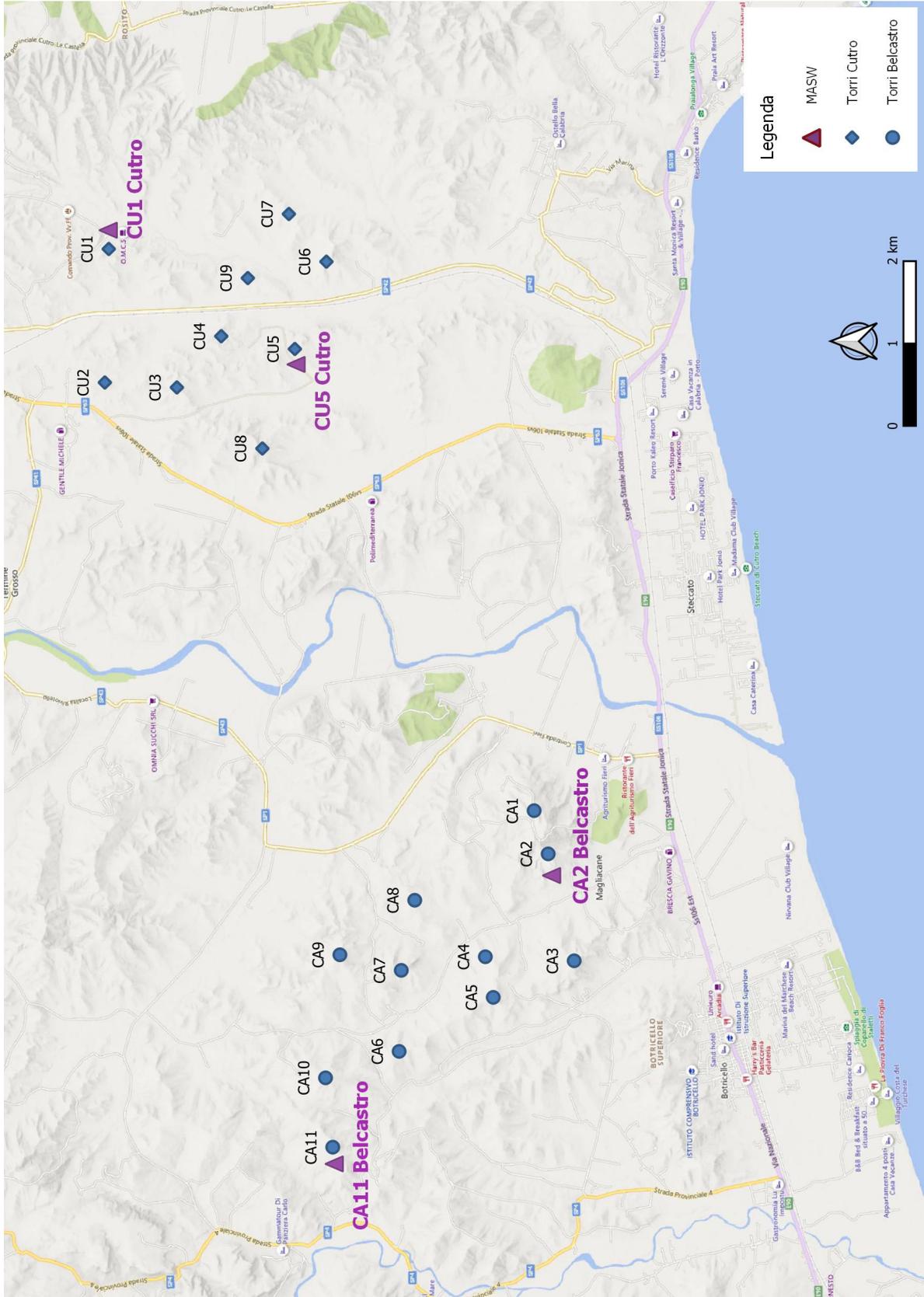
N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Le indagini MASW per la definizione del sottosuolo effettuate sono state quattro due in corrispondenza degli aerogeneratori CA2 e CAR2 nel Comune di Belcastro, e altre due Nel Comune di Cutro sulle posizioni delle torri CU1 e CU5.

Esse hanno fornito i seguenti valori di $V_{S,eq}$.

Nome prova	Comune	Aerogeneratore	$V_{S,eq}$	Categoria del Suolo
CAR2	Belcastro	CAR2	381,63	B
CA2	Belcastro	CA2	587,16	B
CU1	Cutro	CU1	350,92	C
CU5	Cutro	CU5	373,50	B



Ubicazione delle indagini MASW

Tab. 3.2.II NTC 2018

Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Categoria topografica

Per la categoria topografica, il D.M. 17.01.2018 prevede che nei siti suscettibili di amplificazione topografica venga introdotto un coefficiente moltiplicativo (St) per l'accelerazione massima orizzontale di progetto, che tenga conto delle caratteristiche morfologiche. Le aree interessate dal progetto rappresentano per lo più una zona collinare con un andamento ondulato e pendenze medie strettamente legate alla natura argillosa del terreno che nelle zone di cresta superano, anche se di poco, i 15° facendo ricadere le aree nella categoria **T3** "Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ".

Categoria topografica	Inclinazione pendio ($^\circ$)	ST	Ubicazione dell'opera
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0	-
T2 Pendio o rilevati isolati	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2	In corrispondenza della sommità del pendio
T3 Rilievo con larghezza alla sommità molto inferiore a quella della base	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°

7 ANALISI DEI RISCHI

7.1 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Con la Delibera n. 3/2016 dell'11 aprile 2016 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria ha approvato le *"Procedure per l'aggiornamento del Rischio Idraulico del PAI Calabria - Nuove Carte di Pericolosità e Rischio Idraulico - e la modifica delle Norme Tecniche di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NAMS) del PAI relative al Rischio Idraulico"* e le *"Procedure per l'aggiornamento del Rischio Frane del PAI Calabria - Nuove Carte di Pericolosità e Rischio Frane - e la modifica delle Norme Tecniche di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NAMS) del PAI relative al Rischio Frana"*.

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e di pianificazione mediante il quale l'Autorità di Bacino Regionale della Calabria, pianifica e programma le azioni e le norme d'uso finalizzate alla salvaguardia delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo. Il PAI persegue l'obiettivo di garantire al territorio di competenza dell'ABR adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, relativo alla dinamica dei versanti e al pericolo di frana, l'assetto idraulico, relativo alla dinamica dei corsi d'acqua e al pericolo d'inondazione, e l'assetto della costa, relativo alla dinamica della linea di riva e al pericolo di erosione costiera. Dall'adozione del PAI le Amministrazioni, gli Enti pubblici nonché i soggetti privati, sono immediatamente vincolati alle prescrizioni fatte limitatamente alle aree perimetrate negli allegati.

Per ciascuna categoria di rischio contemplato nel PAI (rischio frana, rischio idraulico e rischio di erosione costiera), vengono indicati quattro livelli:

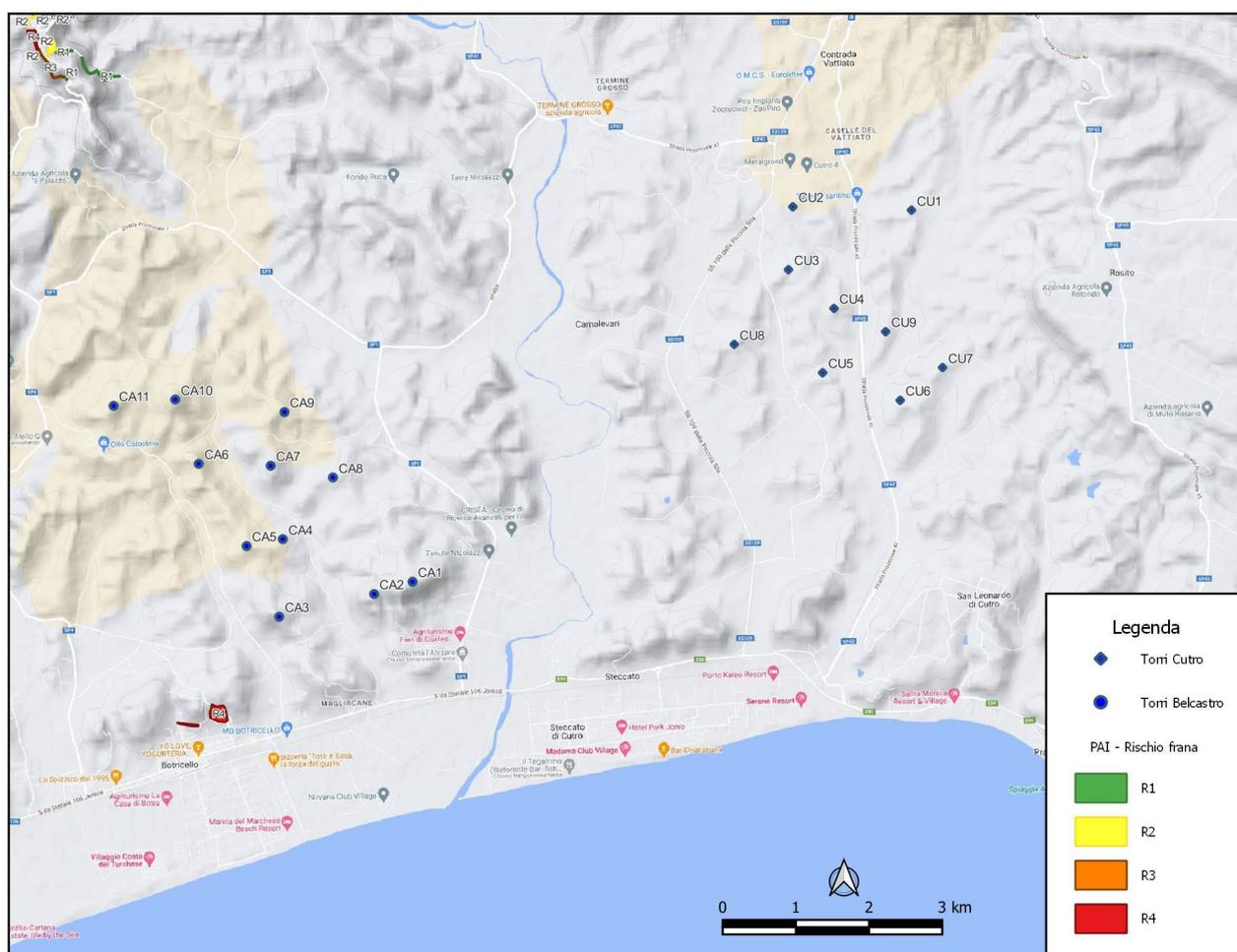
- R4 – rischio molto elevato, quando esistono condizioni che determinano la possibilità di perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone; danni gravi agli edifici e alle infrastrutture; danni gravi alle attività socio-economiche;
- R3 – rischio elevato, quando esiste la possibilità di danni a persone o beni; danni funzionali ad edifici e infrastrutture che ne comportino l'inagibilità; interruzione di attività socio-economiche;
- R2 – rischio medio, quando esistono condizioni che determinano la possibilità di danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale senza pregiudizio diretto per l'incolumità delle persone e senza comprometterne l'agibilità e la funzionalità delle attività economiche

- R1 - rischio basso, per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono limitati.

Sulla base del livello di rischio individuato, il PAI disciplina l'uso del territorio, così come specificato nell'elaborato "Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia". Al Titolo II, Parte prima, definiscono le norme specifiche che disciplinano le attività compatibili con le diverse categorie di rischio nell'assetto geomorfologico (artt. 16, 17, 18); nella Parte seconda sono esposte le norme specifiche per l'assetto idraulico (artt. 21, 22, 23). Con l'art. 24 vengono infine disciplinate le aree d'attenzione per pericolo d'inondazione.

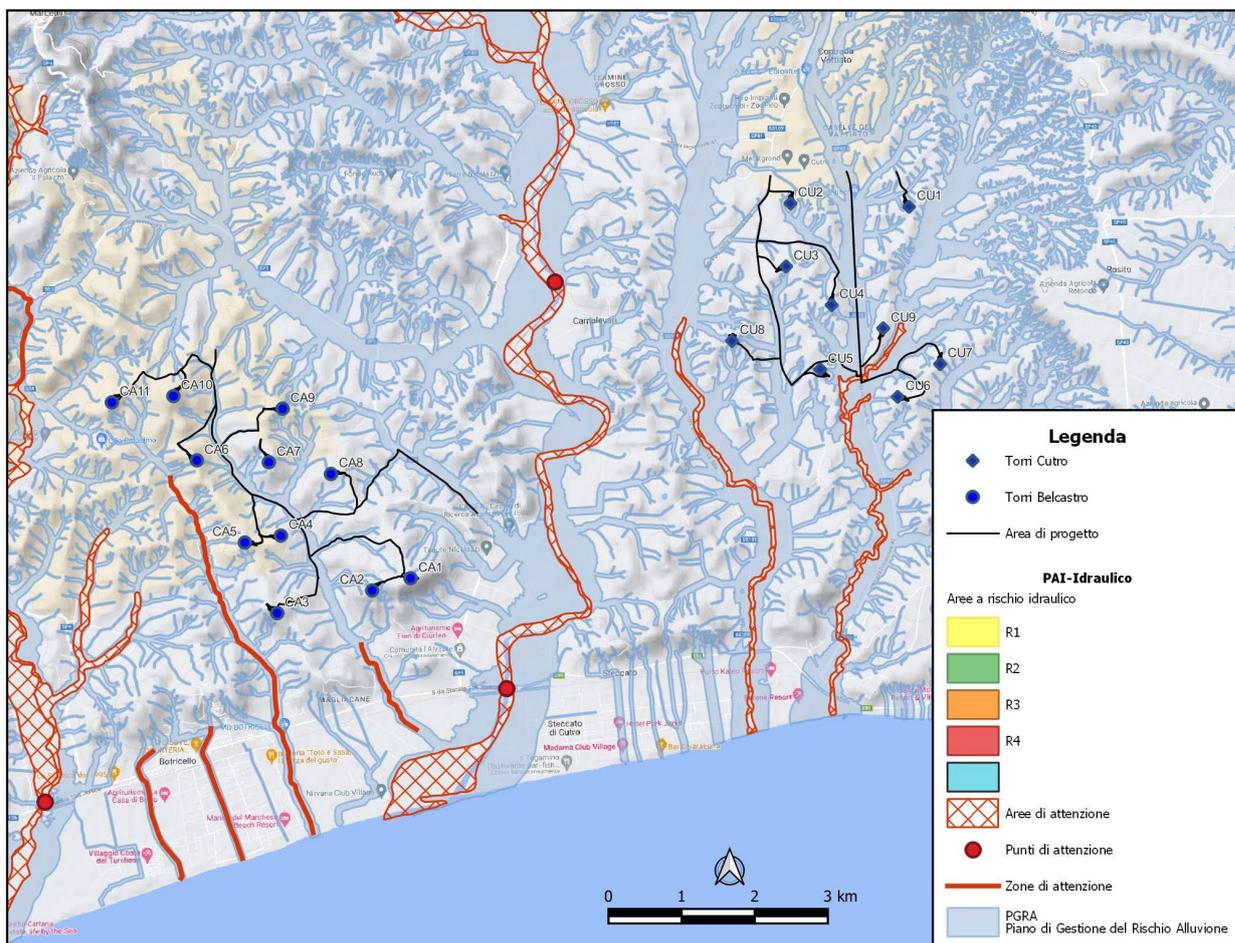
Dagli allegati al PAI, nell'area in esame, si ha la seguente situazione:

RISCHIO FRANA: il lotto di terreno oggetto del presente lavoro non risulta classificato con indice di rischio frane.



PAI - Aree a rischio frana

RISCHIO IDRAULICO: il lotto di terreno oggetto del presente lavoro non risulta classificato con indice di rischio idraulico.



PAI – Aree a rischio idraulico
PGRA – Piano Gestione del Rischio di Alluvione

PGRA: dalla figura precedente, risulta che alcuni tratti di passaggio del cavidotto rientrano nell’aree di attenzione del PGRA disciplinati dall’art. 4 – Disposizioni per le aree di attenzione PGRA (cfr. allegato n.1 al DS n. 540 del 13/10/2020).

In particolare, le prescrizioni sulle misure da adottare nelle Aree di attenzione del PGRA), sono:

- a. migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
- b. non comportare significative alterazioni morfologiche o topografiche e un apprezzabile pericolo per l’ambiente e le persone;
- c. non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale

libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;

d. non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;

e. non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi individuati dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;

f. garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;

g. limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;

h. rispondere a criteri di basso impatto ambientale, facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

Nelle aree di attenzione PGRA sono consentiti esclusivamente:

a. gli interventi volti a ridurre la vulnerabilità dei beni presenti nelle aree di attenzione PGRA, nonché gli interventi idraulici di regolazione, di regimazione e di manutenzione volti al miglioramento delle condizioni di deflusso e tali da non aumentare il rischio di inondazione a valle, da non pregiudicare la possibile attuazione di una sistemazione idraulica definitiva e nel rispetto delle componenti ambientali e degli habitat fluviali eventualmente presenti;

b. gli interventi di demolizione dei corpi di fabbrica esistenti, anche con ricostruzione con incremento massimo di volumetria pari al 20% di volumetria utile e utilizzando criteri costruttivi volti alla riduzione della vulnerabilità;

c. gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. 328/2001 e s.m. e i., con aumento di superficie o volume non superiore al 20%;

d. la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non producano un significativo incremento del valore del rischio idraulico dell'area;

e. l'espianto e il reimpianto di colture;

f. la realizzazione di annessi agricoli purché dispensabili alla conduzione del fondo;

g. tutti gli ulteriori interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, compresi quelli di cui alle lett. b) e c), senza le limitazioni imposte, a condizione che non comportino apprezzabili alterazioni al regime idraulico dei luoghi.

Gli impianti eolici, per le loro caratteristiche strutturali e funzionali possono essere assimilati alla categoria più generale prevista dalle norme del PAI che riguarda la realizzazione di infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico. Possono quindi essere realizzati previo accertamento di tutti i requisiti richiesti dall'apposita norma.

Nell'area in studio verranno rispettate tutte le prescrizioni contenute nell'art. 4 – Disposizioni per le aree di attenzione PGRA - e gli interventi da realizzare non andranno in nessun caso ad interferire con il normale deflusso delle acque, anzi saranno opportunamente progettati e successivamente realizzate proprio per migliorare la regimazione delle acque ed evitare così che le stesse creino situazioni di disagio e/o di pericolo per le strutture presenti e ancor di più, per le persone e animali mantenendo e/o migliorando le condizioni esistenti di funzionalità idraulica, agevolando e comunque non impedendo il normale deflusso delle acque, non aumentando le condizioni di pericolo dell'area interessata, anche a valle o a monte della stessa, non riducendo complessivamente i volumi invasabili delle aree interessate tenendo conto dei principi dell'invarianza idraulica e minimizzando le interferenze, anche temporanee, con le strutture di difesa idrogeologica.

7.2 PSC – Carta di fattibilità delle azioni di piano

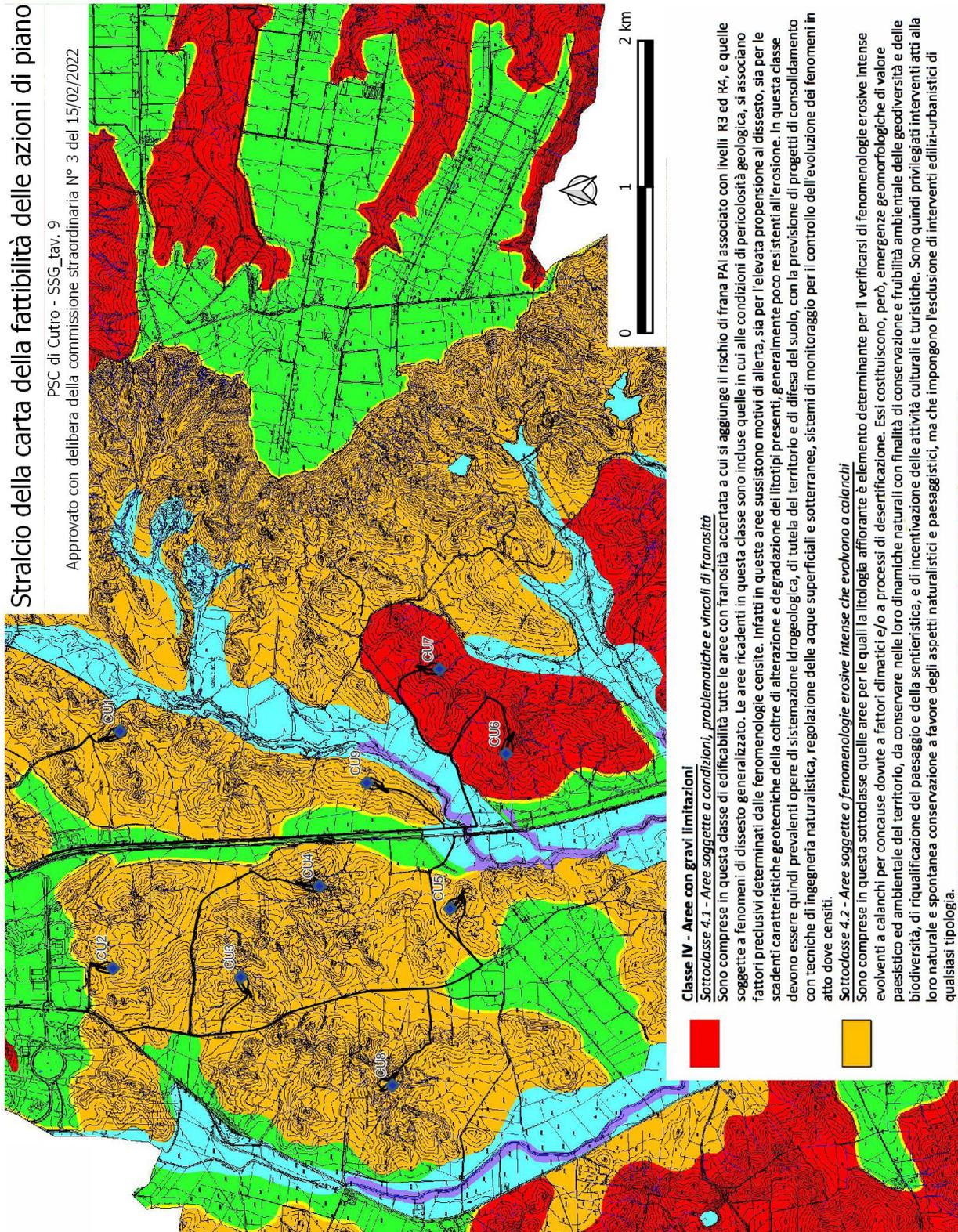
La “Carta della fattibilità delle azioni di piano”, è stata redatta per l'intero territorio del Comune di Cutro e riporta le indicazioni in merito alle destinazioni d'uso del territorio, alle indagini e studi da effettuare, alle opere di mitigazione e di controllo dei fenomeni in atto e/o potenziali.

L'intero territorio viene suddiviso in quattro classi e sottoclassi di idoneità all'utilizzazione urbanistica. Per ogni classe sono introdotte delle norme in base ai fenomeni geologici in atto, gli interventi ammissibili, le precauzioni da adottare e gli eventuali studi di approfondimento.

L'area qui studiata, nel territorio di Cutro, come si può osservare dallo stralcio della carta di fattibilità di seguito riportata, ricade nella Classe IV – Aree con gravi limitazioni.

Stralcio della carta della fattibilità delle azioni di piano

PSC di Cutro - SSG_tav. 9
 Approvato con delibera della commissione straordinaria N° 3 del 15/02/2022



Classe IV - Aree con gravi limitazioni

Sottoclasse 4.1 - Aree soggette a condizioni, problematiche e vincoli di franosità

Sono comprese in questa classe di edificabilità tutte le aree con franosità accertata a cui si aggiunge il rischio di frana PAI associato con livelli R3 ed R4, e quelle soggette a fenomeni di dissesto generalizzato. Le aree ricadenti in questa classe sono incluse quelle in cui alle condizioni di pericolosità geologica, si associano fattori preclusivi determinati dalle fenomenologie censite. Infatti in queste aree sussistono motivi di allerta, sia per l'elevata propensione al dissesto, sia per le scadenti caratteristiche geotecniche della coltre di alterazione e degradazione dei litotipi presenti, generalmente poco resistenti all'erosione. In questa classe devono essere quindi prevalenti opere di sistemazione idrogeologica, di tutela del territorio e di difesa del suolo, con la previsione di progetti di consolidamento con tecniche di ingegneria naturalistica, regolazione delle acque superficiali e sotterranee, sistemi di monitoraggio per il controllo dell'evoluzione dei fenomeni in atto dove densi.

Sottoclasse 4.2 - Aree soggette a fenomenologie erosive intense che evolvono a calarochi

Sono comprese in questa sottoclasse quelle aree per le quali la litologia affiorante è elemento determinante per il verificarsi di fenomenologie erosive intense evoluti a calarochi per concause dovute a fattori climatici e/o a processi di desertificazione. Essi costituiscono, però, emergenze geomorfologiche di valore paesistico ed ambientale del territorio, da conservare nelle loro dinamiche naturali con finalità di conservazione e fruibilità ambientale della geodiversità e della biodiversità, di riqualificazione del paesaggio e della sentieristica, e di incentivazione delle attività culturali e turistiche. Sono quindi privilegiati interventi atti alla loro naturale e spontanea conservazione a favore degli aspetti naturalistici e paesaggistici, ma che impongono l'esclusione di interventi edilizi-urbanistici di qualsiasi tipologia.

Stralcio della carta della fattibilità delle azioni di piano – PSC di Cutro

Più precisamente le torri CU6 e CU7 rientrano nella Sottoclasse 4.1 Aree soggette a condizioni, problematiche e vincoli di franosità, il resto delle torri (CU1, CU2, CU3, CU4, CU5, CU8 e CU9), nella Sottoclasse 4.2 Aree soggette a fenomenologie erosive intense che evolvono a calanchi.

Per queste sottoclassi, le Norme di Attuazione allegate al PSC, approvate con Delibera della Commissione Straordinaria n. 3 del 15/02/2022, l'Art. 10 Fattibilità con gravi limitazioni, così recita:

4.1- Aree soggette a condizioni problematiche e vincoli di franosità

Sono comprese in questa sottoclasse tutte quelle aree con accertata franosità, comprese le frane censite dal PAI Calabria, associate a Rischio R3 ed R4. In queste aree sussistono motivi di allarme sia per l'elevata propensione al dissesto sia per le scadenti caratteristiche geotecniche della coltre di alterazione e degradazione dei litotipi presenti, generalmente poco resistenti all'erosione. In questa sottoclasse, si potranno prevedere opere relative ad urbanizzazione primarie (Collettori fognari, condotte d'acquedotto, gasdotti o oleodotti ed elettrodotti o altri reti di servizio) solo quando si configurano come opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili.

Tali opere restano però subordinate alla esecuzione di interventi di consolidamento, bonifica, protezione e sistemazione. I suddetti interventi dovranno essere definiti sulla base di idonei studi di compatibilità geomorfologica, idrogeologici e geotecnici, redatti secondo le Linee Guida dell'Autorità di Bacino Regionale, che devono dimostrare che non esistono alternative di progetto e che gli stessi non comportano aggravio delle condizioni di sicurezza del territorio. Essi devono inoltre, documentare l'evoluzione dinamica complessiva del versante e l'areale di potenziale coinvolgimento, e dovranno essere progettati in modo tale da:

- non pregiudicare le condizioni di stabilità delle aree adiacenti;
- non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi in fasi successive;
- consentire la manutenzione nel tempo delle opere di messa in sicurezza realizzate.

4.2- Aree soggette a fenomenologie erosive intense che evolvono a calanchi

Sono comprese in questa sottoclasse quelle aree per le quali la litologia affiorante è elemento determinante per il verificarsi di fenomenologie erosive intense evolventi a calanchi per concause dovute a fattori climatici e/o a processi di desertificazione.

In questa sottoclasse, si potranno prevedere opere relative ad urbanizzazione primarie (Collettori fognari, condotte d'acquedotto, gasdotti o oleodotti ed elettrodotti o altri reti di

servizio) solo quando si configurano come opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili.

Tali opere restano però subordinate alla esecuzione di interventi di consolidamento, bonifica, protezione e sistemazione. I suddetti interventi dovranno essere definiti sulla base di idonei studi di compatibilità geomorfologica, idrogeologici e geotecnici, redatti secondo le Linee Guida dell'Autorità di Bacino Regionale, che devono dimostrare che non esistono alternative di progetto e che gli stessi non comportano aggravio delle condizioni di sicurezza del territorio. Essi devono inoltre, documentare l'evoluzione dinamica complessiva del versante e l'areale di potenziale coinvolgimento, e dovranno essere progettati in modo tale da:

- non pregiudicare le condizioni di stabilità delle aree adiacenti;
- non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi in fasi successive;
- consentire la manutenzione nel tempo delle opere di messa in sicurezza realizzate.

Così come detto prima, gli impianti eolici, per le loro caratteristiche strutturali e funzionali possono essere assimilati alla categoria più generale prevista dalle norme del PAI che riguarda la realizzazione di infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico. Possono quindi essere realizzati previo accertamento di tutti i requisiti richiesti dall'apposita norma.

Anche per quel che concerne la carta delle fattibilità delle azioni di piano, in fase di progettazione esecutiva, verranno rispettate tutte le prescrizioni contenute nell'art. 10 delle norme di attuazione, in modo da verificare con studi specialistici e in maniera approfondita che gli interventi da realizzare, non andranno in nessun caso ad interferire con la normale stabilità dei rilievi interessati, anzi saranno previsti, opportunamente progettati e realizzati, opere anche di ingegneria naturalistica, tali da mitigare il rischio di erosione a cui queste zone sono soggette, aumentando le forze stabilizzanti, riducendo le destabilizzanti, migliorando così le condizioni di sicurezza in modo tale che non si creino situazioni di disagio e/o di pericolo per le strutture presenti e ancor di più, per le persone e animali.

Infine, le aree di progetto in generale, non sono interessate da emergenze morfologiche tali da far pregiudicare l'assetto naturale delle aree o compromettere il progetto.

8 MODELLAZIONE GEOLOGICA

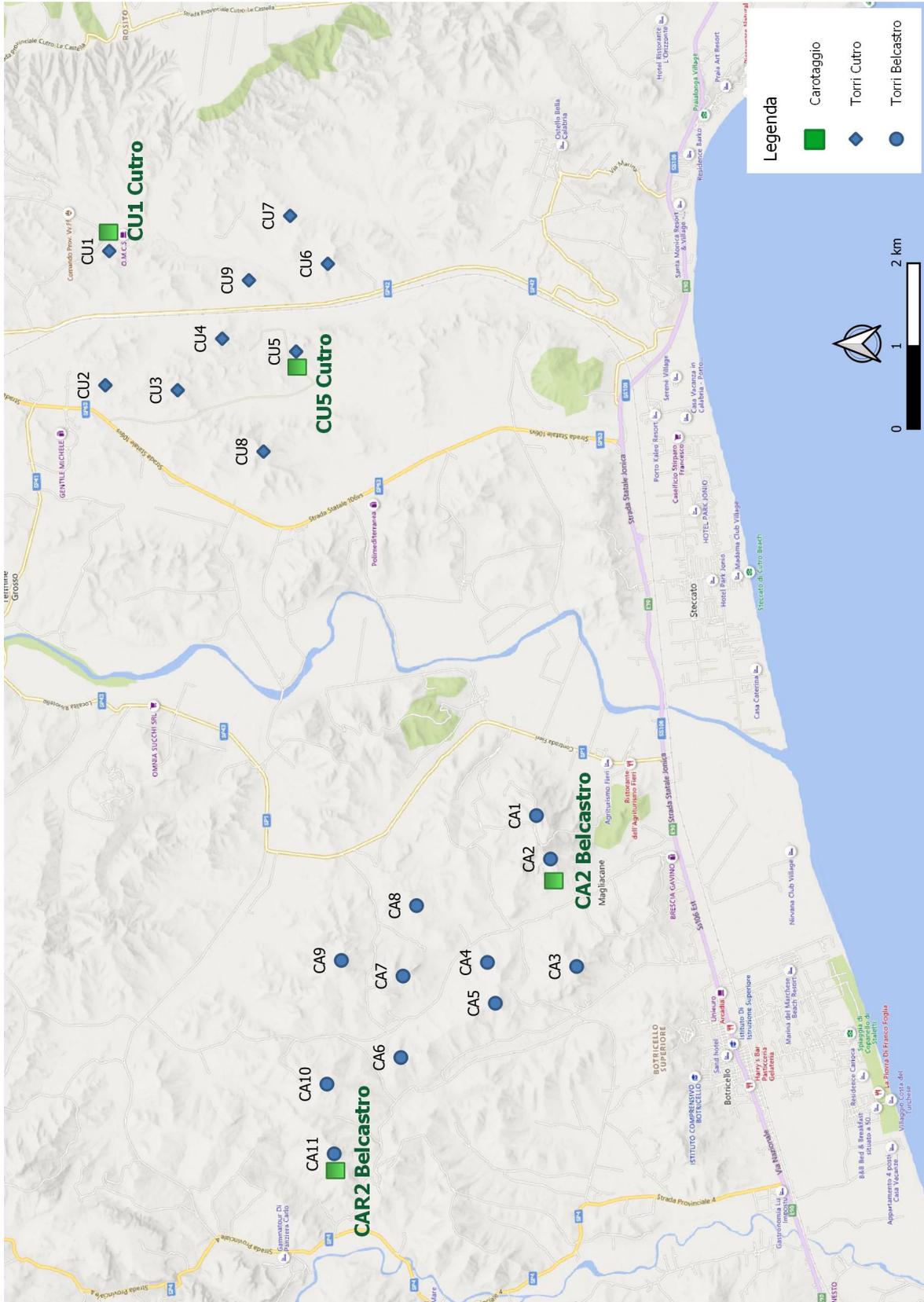
8.1 La campagna geognostica

Per la ricostruzione del modello geologico del sito e per avere un riscontro sull'interpretazione geostratigrafica della zona, in modo da pervenire ad una ricostruzione stratimetrica della zona rilevata, è stata effettuata una campagna di indagine geognostica comprensiva di:

- N° 4 carotaggi a rotazione continua denominati CA2 e CAR2 per il lato di Belcastro, e CU1 e CU5 per quello di Cutro;
- N° 52 SPT (Standard Penetration Test), una SPT ogni di metri di carotaggio;
- N° 16 misure freaticometriche;
- N° 8 prelievo di campioni, due per ogni carotaggio;
- N° 8 analisi di laboratorio sui campioni prelevati per la determinazione dei parametri geotecnici, in funzione della natura litologica;
- N° 4 prospezioni geosismiche tipo MASW (Multichannel Analysis Surface Waves).

La classificazione sismica del sottosuolo, secondo la normativa vigente in materia, è stata eseguita l'indagine MASW, i cui risultati sono stati discussi prima e vengono allegati al presente lavoro.

I sondaggi a rotazione e carotaggio continuo del terreno denominati CAR2 Belcastro, CA2 Belcastro, CU1 Cutro e CU5 Cutro, sono stati eseguiti con attrezzatura a rotazione e carotaggio continuo (diametro del carotiere di 101 mm), spinti fino alla profondità di 20,00 m dal piano campagna ed ubicati, per quanto possibile compatibilmente con lo stato dei luoghi, in posizione tale da ottenere il maggior numero di informazioni possibili riguardo gli intenti programmatici in questa fase di progettazione. Per ogni sondaggio, sono stati prelevati 2 campioni, per un totale di 8 campioni di terreno prelevati e inviati laboratorio per specifiche indagini geotecniche. Compatibilmente, con la natura litologica dei terreni attraversati, il prelievo dei campioni lungo la verticale indagata, è avvenuto per mezzo della stessa macchina perforatrice attrezzata con un campionatore di tipo Raymond, portato alla profondità di interesse durante la perforazione del sondaggio, e infisso nel terreno a pressione per il prelievo del campione. Al termine della perforazione, previo freaticometro dotato di opportuno segnalatore acustico (freaticometro SUNDA da 100 mt), sono state effettuate alcune misure freaticometriche che hanno confermato l'assenza di acqua nel sottosuolo.



Ubicazione dei sondaggi a carotaggio continuo

8.2 Modello geologico

Dall’analisi del report delle indagini eseguite (carotaggi, SPT, laboratorio geotecnico, MASW, ...), è stato possibile ricostruire il modello geologico del sito in esame. Come già detto, la scelta dell’ubicazione dei sondaggi, è stata fatta in maniera da avere una distribuzione areale quanto più omogenea, che prendesse tutta l’area indagata in modo da verificare la natura dei terreni presenti. La distribuzione spaziale dei sondaggi è avvenuta in modo tale che due carotaggi rientrassero nel territorio comunale di Belcastro, uno più a Nord (CA11 Belcastro), e uno più a Sud (CA2 Belcastro). Gli altri due, sistemati nel lato di Cutro e sempre uno più a Nord (CU1 Cutro) e uno più a Sud (CU5 Cutro), come si può osservare dalla figura precedente.

Nella tabella seguente sono riportate le coordinate dei fori di sondaggio.

Nome Carotaggio	Comune	Profondità dal p.c. (m)	Coordinate WGS84	
			Latitudine	Longitudine
CA11 (ex CAR2)	Belcastro	20,00	38°58'46.28" N	16°50'46.62" E
CA2	Belcastro	20,00	38°57'19.07" N	16°53'10.78" E
CU1	Cutro	20,00	39°00'06.11" N	16°58'21.98" E
CU5	Cutro	20,00	38°58'54.28" N	16°57'29.97" E

Per ogni sondaggio sono stati prelevati due campioni e successivamente inviati a laboratorio per l’esecuzione di analisi geotecniche specifiche per la determinazione dei parametri fisicomeccanici dei terreni.

Nella tabella seguente si riassumono le caratteristiche principali di prelievo e le analisi effettuate.

Sondaggio	Campione	Profondità prelievo	Tipo di prova eseguita
CA11 (ex CAR2)	CAR2 C1	5,00-5,50	Analisi Granulometrica per Setacciatura e Sedimentazione; Prova di taglio diretto con eventuale taglio residuo;
	CAR2 C2	10,00-10,50	Analisi Granulometrica per Setacciatura e Sedimentazione; Prova di taglio diretto con eventuale taglio residuo;
CA2	CA2 C1	9,00-9,50	Analisi Granulometrica per Setacciatura e Sedimentazione
	CA2 C2	11,00-11,50	Analisi Granulometrica per Setacciatura e Sedimentazione
CU1	CU1 C1	4,00-5,50	Analisi Granulometrica per Setacciatura e Sedimentazione; Prova di taglio diretto con eventuale taglio residuo;
	CU1 C2	10,00-10,50	Analisi Granulometrica per Setacciatura e Sedimentazione; Prova di taglio diretto con eventuale taglio residuo;
CU5	CU5 C1	5,00-5,50	Analisi Granulometrica per Setacciatura e Sedimentazione; Prova di taglio diretto con eventuale taglio residuo;
	CU5 C2	9,50-10,00	Analisi Granulometrica per Setacciatura e Sedimentazione; Prova di taglio diretto con eventuale taglio residuo;

Inoltre, durante i sondaggi, ogni due metri di terreno attraversato, sono state effettuate delle prove SPT (Standard Penetration Test), per la verifica della consistenza dei terreni attraversati, in numero di 13 per sondaggio.

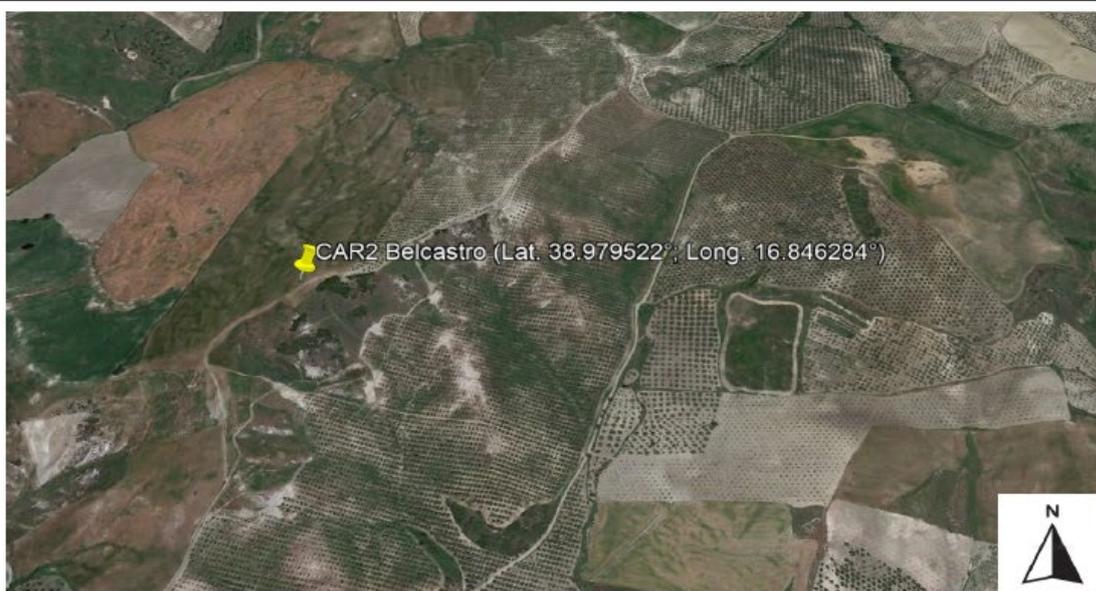
La tabella che segue raccoglie i valori ottenuti dalle SPT.

Sondaggio	SPT	Profondità dal p.c.	Numero colpi SPT	N
CA11 (ex CAR2)	SPT1	SPT1 PC - 1,50	22/28/30	58
	SPT2	SPT2 PC - 3,00	13/18/23	41
	SPT3	SPT3 PC - 4,50	14/17/22	39
	SPT4	SPT4 PC - 6,00	15/15/22	37
	SPT5	SPT5 PC - 7,50	16/16/25	41
	SPT6	SPT6 PC - 9,00	18/20/25	45
	SPT7	SPT7 PC - 10,50	15/19/23	42
	SPT8	SPT8 PC - 12,00	16/21/25	46
	SPT9	SPT9 PC - 13,50	15/20/25	45
	SPT10	SPT10 PC - 15,00	16/22/30	52
	SPT11	SPT11 PC - 16,50	18/25/32	57
	SPT12	SPT12 PC - 18,00	18/22/33	55
	SPT13	SPT13 PC - 19,50	17/23/35	58
CA2	SPT1	SPT1 PC - 1,50	R	R
	SPT2	SPT2 PC - 3,00	47/R	R
	SPT3	SPT3 PC - 4,50	45/R	R
	SPT4	SPT4 PC - 6,00	18/31/38	69
	SPT5	SPT5 PC - 7,50	23/30/42	72
	SPT6	SPT6 PC - 9,00	29/35/45	80
	SPT7	SPT7 PC - 10,50	48/R	R
	SPT8	SPT8 PC - 12,00	29/38/48	86
	SPT9	SPT9 PC - 13,50	30/41/R	R
	SPT10	SPT10 PC - 15,00	R	R
	SPT11	SPT11 PC - 16,50	35/43/R	R
	SPT12	SPT12 PC - 18,00	45/R	R

	SPT13	SPT13 PC - 19,50	R	
CU1	SPT1	SPT1 PC - 1,50	15/22/28	50
	SPT2	SPT2 PC - 3,00	12/15/19	34
	SPT3	SPT3 PC - 4,50	13/16/19	35
	SPT4	SPT4 PC - 6,00	12/15/18	33
	SPT5	SPT5 PC - 7,50	13/18/21	39
	SPT6	SPT6 PC - 9,00	15/18/22	40
	SPT7	SPT7 PC - 10,50	16/21/26	47
	SPT8	SPT8 PC - 12,00	16/21/25	46
	SPT9	SPT9 PC - 13,50	18/26/35	61
	SPT10	SPT10 PC - 15,00	19/27/37	64
	SPT11	SPT11 PC - 16,50	18/32/42	74
	SPT12	SPT12 PC - 18,00	25/45/R	R
	SPT13	SPT13 PC - 19,50	24/47/R	R
CU5	SPT1	SPT1 PC - 1,50	15/22/28	50
	SPT2	SPT2 PC - 3,00	13/15/25	40
	SPT3	SPT3 PC - 4,50	12/15/18	33
	SPT4	SPT4 PC - 6,00	12/15/19	34
	SPT5	SPT5 PC - 7,50	13/17/20	37
	SPT6	SPT6 PC - 9,00	15/19/21	40
	SPT7	SPT7 PC - 10,50	16/22/25	47
	SPT8	SPT8 PC - 12,00	14/22/26	48
	SPT9	SPT9 PC - 13,50	15/26/33	59
	SPT10	SPT10 PC - 15,00	19/27/38	65
	SPT11	SPT11 PC - 16,50	19/33/42	75
	SPT12	SPT12 PC - 18,00	25/48/R	R
	SPT13	SPT13 PC - 19,50	24/R	R

Nelle immagini che seguono sono riportate le coordinate del piazzamento di ogni sondaggio, le foto con le cassette catalogatrici contenente le litologie incontrate e le stratigrafie, così come descritte e consegnate dalla ditta GEOMAT s.n.c. con sede operativa in Via Mercalli 33 - Località Passovecchio - Crotone (Kr), che ha eseguito le perforazioni.

GEOMAT S.N.C.		
SEDE LEGALE Via Filippo Turati n 50 - 88841-Isola di Capo Rizzuto (Kr) SEDE OPERATIVA Via Mercalli 33 - Località Passovecchio - Crotona (Kr)		
SONDAGGIO CAR2 BELCASTRO		
Committente:	Dott. Geologo Eliseo Scerbo	
Oggetto Lavoro:	PARCO EOLICO CANTORATO	
Località:	COMUNE DI BELCASTRO (CZ)	
Coordinate WGS84	38°58'46.28"N - 16°50'46.62"E	
UBICAZIONE INDAGINI		



Planimetria ubicazione indagine: SONDAGGIO CAR2 BELCASTRO



SONDAGGIO CAR2 BELCASTRO



FOTO CASSETTA 0,00-5,00



FOTO CASSETTA 5,00-10,00m



FOTO CASSETTA 10,00-15,00m



FOTO CASSETTA 15,00-20,00m

Campioni Rimaneggiati:		Cl,2..	Prova Pressiometrica:	◇	Tubo inclinometrico	S.P.T. (Punta chiusa)	PC
Campioni Indisturbati:		Cl,2..	Prova Dilatometrica:	◇	Piezometro a tubo aperto:	S.P.T. (Punta aperta)	PA
Shelby:		S	Prova Lugeon:	⌵	Tubo in PVC per Down-hole:	Quota falda iniz.	—
Campioni Ambientale		CA	Prova Lefranc	◇	Cella casagrande:	Quota falda finale	—

Profondità p.c. (m)	Potenza statica (m)	Simbologia	Consistenza		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Indice di carotaggio		Prelievo campioni		Prove in foro		Installazione in foro		Falda	Dati foro	
			Pocket σ (kg/cm²)	Vane Test Cu (kg/cm²)		% carot.	RQD	Morfologia	Profondità (m)	S.P.T.		Schema	Note:	quota (m dal p.c.)	Utenza perforazione	Rivestimento Foro
										prof. (m p.o.)	N° Colpi					
3,00	3,00	[Pattern]			Sabbia fine limosa addensata di colore giallo ocre					SPT1 PC - 1,50 22/28/30						
5,00	2,00	[Pattern]			limo argilloso sabbioso di colore giallo ocre					SPT2 PC - 3,00 13/18/23						
9,00		[Pattern]			limo argilloso sabbioso con livelli sabbiosi, di colore dal giallo ocre al grigio	C1	5,00-5,50			SPT3 PC - 4,50 14/17/22						
14,00		[Pattern]				C2	10,00-10,50			SPT4 PC - 5,00 16/16/22						
20,00	6,00	[Pattern]			argilla con limo, sabbiosa					SPT5 PC - 7,50 16/18/25						
										SPT6 PC - 9,00 18/20/25						
										SPT7 PC - 10,50 16/19/23						
										SPT8 PC - 12,00 16/21/25						
										SPT9 PC - 13,50 16/20/25						
										SPT10 PC - 15,00 16/22/30						
										SPT11 PC - 16,50 18/25/32						
										SPT12 PC - 18,00 18/22/33						
										SPT13 PC - 19,50 17/23/35						

Stratigrafia CAR2 - Belcastro

GEOMAT S.N.C.

SEDE LEGALE
Via Filippo Turati n 50 - 88841-Isola di Capo Rizzuto (Kr)
SEDE OPERATIVA
Via Mercalli 33 - Località Passovecchio - Crotone (Kr)



SONDAGGIO CA2 BELCASTRO

Committente:	Dott. Geologo Eliseo Scerbo
Oggetto Lavoro:	PARCO EOLICO CANTORATO
Località:	COMUNE DI BELCASTRO (CZ)
Coordinate WGS84	38°57'19.07"N - 16°53'10.78"E

UBICAZIONE INDAGINI



Planimetria ubicazione indagine: SONDAGGIO CA2 BELCASTRO



SONDAGGIO CA2 BELCASTRO



FOTO CASSETTA 0,00-5,00



FOTO CASSETTA 5,00-10,00m



FOTO CASSETTA 10,00-15,00m



FOTO CASSETTA 15,00-20,00m

Campioni Rimaneggiati:		Cl ₂	Prova Pressiometrica:	◇	Tubo inclinometrico		S.P.T. (Punta chiusa)	PC
Campioni Indisturbati:		Cl ₂	Prova Dilatometrica:	◇	Piezometro a tubo aperto:		S.P.T. (Punta aperta)	PA
Shelby:		5	Prova Lugeon:	⊗	Tubo in PVC per Down-hole:		Quota falda iniz.	
Campioni Ambientale		CA	Prova Lefranc	◇	Cella casagrande:		Quota falda finale	

Profondità p.c. (m)	Potenza strati (m)	Simbologia	Consistenza		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Indice di carotaggio		Prelievo campioni		Prove in foro		Installazione in foro		Falda (m dal p.c.)	Dati foro		
			Pocket σ (kg/cm ²)	Vane Test Cu (kg/cm ²)		% carot.	RQD	Morfologia	Profondità (m)	S.P.T.		Sobema	Note:		Utenziale perforazione	Rivestimento Foro	
										prof. (m p.o.)	N° Colpi						
20,00	20,00				Depositi sabbiosi conglomerati ben cementati con arenaree grossolane a cemento calcareo												
										SPT1 PC - 1,60 R							
										SPT2 PC - 3,00 47/R							
										SPT3 PC - 4,60 46/R							
										SPT4 PC - 6,00 18/31/38							
										SPT5 PC - 7,50 23/30/42							
							Cr1	9,00-9,50		SPT6 PC - 9,00 28/36/46							
										SPT7 PC - 10,60 48/R							
							Cr2	11,00-11,60		SPT8 PC - 12,00 28/38/48							
										SPT9 PC - 13,60 30/41/R							
										SPT10 PC - 15,00 R							
										SPT11 PC - 16,60 36/43/R							
										SPT12 PC - 18,00 46/R							
									SPT13 PC - 19,60 R								

Stratigrafia CA2 - Belcastro

GEOMAT S.N.C.		
SEDE LEGALE Via Filippo Turati n 50 - 88841-Isola di Capo Rizzuto (Kr) SEDE OPERATIVA Via Mercalli 33 - Località Passovecchio - Crotone (Kr)		
SONDAGGIO CU1		
Committente:	Dott. Geologo Eliseo Scerbo	
Oggetto Lavoro:	PARCO EOLICO CANTORATO	
Località:	COMUNE DI CUTRO (KR)	
Coordinate WGS84	39° 0'6.11"N - 16°58'21.98"E	
UBICAZIONE INDAGINI		



Planimetria ubicazione indagine: SONDAGGIO CU1



SONDAGGIO CAR2 BELCASTRO



FOTO CASSETTA 0,00-5,00



FOTO CASSETTA 5,00-10,00m



FOTO CASSETTA 10,00-15,00m



FOTO CASSETTA 15,00-20,00m

Campione Rimaneggiato:		Cl,2.	Prova Pressiometrica:		◇	Tubo inclinometrico			S.P.T. (Punta chiusa)		PC					
Campione Indisturbato:		Cl,2,...	Prova Dilatometrica:		◇	Piezometro a tubo aperto:			S.P.T. (Punta aperta)		PA					
Shelby:		S	Prova Lugeon:		⊗	Tubo in PVC per Down-hole:			Quota falda iniz.							
Campione Ambientale		CA	Prova Lefranc		◇	Cella casagrande:			Quota falda finale							
Profondità p.c. (m)	Potenza siseil (m)	Simbologia	Consistenza		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Indice di carotaggio		Prelievo campioni		Prove in foro		Installazione in foro		Falda	Dati foro	
			Pocket σ (kg/cm²)	Vane Test Cu (kg/cm²)		% carot.	RGD	Modalità	Profondità (m)	prof. (m p.o.)	N° Colpi	Sohema	quota (m dal p.c.)	Utensile perforazione	Rivestimento Foro	
2,00	2,00				Sabbia grossolana limosa di colore giallastro					SPT1 PC - 1,60 16/22/28						
4,10	2,10				limo sabbioso argilloso di colore giallastro					SPT2 PC - 3,00 12/16/19						
10,90					limo con argilla sabbioso, mediamente consistente, di colore grigio	C1	4,50-5,50			SPT3 PC - 4,60 13/18/19						
15,00						C2	10,00-10,50			SPT4 PC - 8,00 12/16/18						
20,00	5,00				argilla con limo sabbioso, mediamente consistente, di colore grigio					SPT5 PC - 7,60 13/18/21						
										SPT6 PC - 9,00 16/18/22						
										SPT7 PC - 10,60 18/21/28						
										SPT8 PC - 12,00 18/21/25						
										SPT9 PC - 13,60 18/28/35						
										SPT10 PC - 15,00 19/27/37						
										SPT11 PC - 16,60 18/32/42						
										SPT12 PC - 18,00 25/45/R						
										SPT13 PC - 19,60 24/47/R						

Stratigrafia CU1 - Cutro

GEOMAT S.N.C.		
SEDE LEGALE Via Filippo Turati n 50 - 88841-Isola di Capo Rizzuto (Kr) SEDE OPERATIVA Via Mercalli 33 - Località Passovecchio - Crotona (Kr)		
SONDAGGIO CU5		
Committente:	Dott. Geologo Eliseo Scerbo	
Oggetto Lavoro:	PARCO EOLICO CANTORATO	
Località:	COMUNE DI CUTRO (KR)	
Coordinate WGS84	38°58'54.28"N - 16°57'29.97"E	
UBICAZIONE INDAGINI		



Planimetria ubicazione indagine: SONDAGGIO CU5



SONDAGGIO CAR2 BELCASTRO



FOTO CASSETTA 0,00-5,00



FOTO CASSETTA 5,00-10,00m



FOTO CASSETTA 10,00-15,00m



FOTO CASSETTA 15,00-20,00m

Campione Rimaneggiato:		C1,2	Prova Pressiometrica:	◇	Tubo inclinometrico		S.P.T. (Punta chiusa)	PC							
Campione Indisturbato:		C1,2...	Prova Dilatometrica:	◇	Piezometro a tubo aperto:		S.P.T. (Punta aperta)	PA							
Shelby:		S	Prova Lugeon:	⊗	Tubo in PVC per Down-hole:		Quota falda iniz.								
Campione Ambientale		CA	Prova Lefranc	◇	Cella casagrande:		Quota falda finale								
Profondità p.c. (m)	Potenza siseil (m)	Simbologia	Consistenza		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Indice di carotaggio		Prelievo campioni		Prove in foro		Installazione in foro		Falda	Dati foro
			Pocket σ (kg/cm²)	Vane Test Cu (kg/cm²)		% carot.	RGD	Modalità	Profondità (m)	S.P.T. prof. (m p.o.)	N° Colpi	Sochema	Nota:		
2,00	2,00				Terreno vegetale costituito da limo argilloso sabbioso di colore marroncino										
3,00					limo con argilla sabbioso di colore giallastro										
5,00								C1	5,00-5,50						
10,00					Limo con argilla sabbioso mediamente consistente, di colore grigio										
15,00								C2	9,50/10,00						
20,00					argilla con limo sabbioso mediamente consistente, di colore grigio										

Stratigrafia CU2 - Cutro

8.3 Parametrazione geotecnica

Per l'individuazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione, l'area di studio è stata suddivisa in due raggruppamenti in base alla natura litologica dei materiali affioranti, argillosa o sabbiosa/conglomeratica.

La tabella che segue, suddivide gli aerogeneratori sia del lato di Cutro che di Belcastro, in funzione della natura litologica.

	Torre	Comune	Descrizione litologica
Raggruppamento A	CU1	Cutro	Limo argilloso sabbioso mediamente consistente passante in profondità ad argilla con limo sabbioso mediamente consistente
	CU2	Cutro	
	CU3	Cutro	
	CU4	Cutro	
	CU5	Cutro	
	CU6	Cutro	
	CU7	Cutro	
	CU8	Cutro	
	CU9	Cutro	
	CA3	Belcastro	
	CA4	Belcastro	
CA5	Belcastro	Depositi sabbiosi conglomeratici ben cementati con arenarie massive a cemento calcareo	
CA6	Belcastro		
CA8	Belcastro		
CA9	Belcastro		
CA11	Belcastro		
Raggruppamento B	CA1	Belcastro	Depositi sabbiosi conglomeratici ben cementati con arenarie massive a cemento calcareo
	CA2	Belcastro	
	CA7	Belcastro	
	CA10	Belcastro	

I parametri dei terreni del raggruppamento A (vedi tabella sopra), sono stati ricavati dai risultati delle analisi di laboratorio effettuate sui campioni prelevati, mentre il raggruppamento B, data la natura della litologia, sul campione prelevato è stato possibile solo l'analisi granulometrica e i parametri geotecnici ricavati dall'elaborazione dei valori di Spt ottenuti nel sondaggio CAR2.

La tabella che segue, riassume i risultati ottenuti del raggruppamento A.

Sondaggio	CA11 - Belcastro		CU1 - Cutro		CU2 - Cutro	
Campione	C1	C2	C1	C2	C1	C2
Stato	Campione indisturbato					
Profondità (m)	5.00 - 5.50	10.00 - 10.50	4.50 - 5.00	10.00 - 10.50	5.00 - 5.50	9.50 - 10.00
Data	12/06/2023					
Descrizione	LIMO CON ARGILLA SABBIOSO					
Peso dell'unità di volume γ (KN/m ³)	18,96	19,05	18,97	18,90	18,87	18,98
Contenuto d'acqua naturale W	15,00	13,00	17,00	19,33	25,00	19,00
Peso secco unità di volume γ_d (KN/m ³)	14,91	14,91	15,44	16,78	14,75	14,89
Peso saturo unità di volume γ_{sat} (KN/m ³)	20,19	20,45	21,38	21,22	19,30	20,20
Indice dei vuoti e	0,776	0,776	0,715	0,580	0,796	0,779
GHIAIA %	0	0	0	0	0	
SABBIA %	10	16	12	19	12	16
LIMO %	61	54	60	51	52	52
ARGILLA %	29	30	28	30	36	32
Angolo di attrito ϕ (°)	25,4	27	26,4	28,1	26,8	25,9
Coesione c Kpa	15,8	16,8	16,9	16,9	16,7	16,8

La tabella che segue, riassume i risultati ottenuti del raggruppamento B dall'elaborazione delle prove SPT in foro..

Sondaggio CA2 - Belcastro				
SPT	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4
Profondità (m)	6,00	7,50	9,00	12,00
Nr colpi	18/31/38	23/30/42	29/35/45	29/38/48
Descrizione	Depositi sabbiosi conglomeratici ben cementati con arenarie grossolane a cemento calcareo			
Peso dell'unità di volume γ (KN/m ³)	23,8	24,3	25,0	25,0
Peso saturo unità di volume γ_{sat} (KN/m ³)	21,9	22,0	22,1	22,3
Campioni	Cr1		Cr2	
GHIAIA %	38		30	
SABBIA %	36		53	
LIMO %	19		9	
ARGILLA %	7		8	
Angolo di attrito ϕ (°)	42	42	41	40
Coesione c Kpa	--	--	--	--

In questa fase progettuale è stata realizzata una prima campagna di indagini geognostiche che, in mancanza di una indagine sito-specifica la quale dovrà essere realizzata in fase esecutiva, ha permesso di ricavare i parametri geotecnici delle litologie attraversate.

I valori ottenuti confermano la predominanza della componente argillosa nei terreni appartenenti al raggruppamento "A", e una netta prevalenza della componente sabbiosa nel raggruppamento "B". Entrambi i raggruppamenti "A" e "B", hanno dato valori caratteristici del terreno corrispondenti ai parametri medi, tipici di questi materiali.

9 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione interessa terreni saturi, in pratica sotto l'effetto di azioni dinamiche, le particelle di terreno tendono a disporsi in un nuovo assetto perdendo il contatto fra di loro e quindi flottando nell'acqua. In questa situazione il terreno perde ogni funzione di capacità portante che è demandata totalmente all'acqua contenuta nello scheletro solido. Infatti, la velocità con la quale si produce la variazione di volume è così elevata che, nonostante la buona permeabilità dello scheletro granulare della sabbia, l'acqua non riesce a sfuggire e quindi le pressioni interstiziali annullano la resistenza d'attrito.

Il fenomeno della liquefazione interessa strati superficiali, superati i 10 - 15 metri, a causa della pressione geostatica, si può considerare escluso.

I principali fattori che portano alla liquefazione il terreno durante un sisma sono: la granulometria (terreni monogranulari con coefficiente D compreso tra 2 e 10), la densità relativa (<75%), pressione interstiziale iniziale, condizioni di drenaggio e pressione di confinamento.

Le NTC 2018, al § 7.11.3.4.2 - "Esclusione della verifica a liquefazione", individuano le condizioni per le quali è possibile omettere la verifica a liquefazione. In particolare, la verifica a liquefazione può non effettuarsi quando si verifica una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, per piano di campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente figura nel caso (a) di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso (b) di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nel caso in esame la verifica a liquefazione viene omessa data l'assenza di acqua sotterranea che come riportato nel precedente punto 2 dovrebbe avere un livello superiore a 15 metri, oltre che per le caratteristiche granulometriche dei terreni, per cui la verifica a liquefazione può essere omessa.

CONCLUSIONI

Il rilevamento geologico di superficie e le indagini eseguite nel corso del presente studio hanno permesso di ricostruire il quadro geostratigrafico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area, nonché definire la peculiare caratterizzazione geolitologica e geomeccanica dei terreni di substrato, per una opportuna scelta di calcolo e dimensionamento delle strutture di fondazione delle opere in progetto. Dall'elaborazione di quanto prima, si mette in evidenza che:

- dall'esame visivo di superficie, non sono stati individuati segni, in atto e/o incipienti, che potrebbero far pensare all'insorgere di fenomeni franosi profondi e interferire negativamente nell'interazione terreno-struttura;*
- dalla consultazione dell'inventario dei fenomeni franosi IFFI non risultano aree in frana attive o quiescenti nell'intera area di studio;*
- l'area in esame non è compresa nella perimetrazione delle aree a rischio o zone di rispetto del Piano Assetto Idrogeologico della Regione Calabria sia per quanto riguarda il rischio da frana che per il rischio idraulico;*
- alcuni tratti di cavidotto interrato, pur essendo sistemati lungo le strade esistenti, rientrano nella perimetrazione PGRA e comunque, non rientrano tra quelli preclusi dalle NAMS come esplicitato nel paragrafo precedente;*
- dall'analisi strumentale effettuata non è stata rilevata presenza di acqua freatica;*
- il terreno non risulta suscettibile al fenomeno della liquefazione, data l'assenza di acqua sotterranea e la natura granulometrica eterogenea;*
- La circolazione delle acque di scorrimento superficiali segue la naturale pendenza del terreno data la natura poco permeabile del terreno affiorante;*
- le indagini eseguite, carotaggi a rotazione continua e geofisica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), hanno messo in evidenza che i terreni non presentano penalizzazioni di tipo geologico-tecnico.*

Inoltre, per un migliore inserimento dell'opera nel contesto dei succitati aspetti geologico - tecnici, si consiglia di:

- drenare ed incanalare opportunamente le acque meteoriche che precipitano direttamente sulla superficie di interesse e, convogliare le stesse lontano dalle strutture di fondazione, in modo da evitare accumuli idrici con conseguenti brusche accelerazioni dei fenomeni di dilavamento del terreno;*

- ❑ *non riutilizzare il materiale di risulta derivante dallo sbancamento per la realizzazione delle opere di progettazione, quale sottofondo stradale o comunque per riempimento di scavi, in quanto soggetto a continui cicli di essiccazione e rigonfiamento data la natura argillosa del terreno.*

Sulla base delle argomentazioni sviluppate nel corso del presente lavoro, si esprime parere geologico di massima favorevole di fattibilità per la realizzazione di quanto in progetto con parametri da confermare con ulteriori prove in situ e di laboratorio da eseguire in fase esecutiva successiva.

Isola di Capo Rizzuto, luglio 2023

IL GEOLOGO
Dott. Eliseo Scerbo

